



UNIVERSIDAD ESAN
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA INDUSTRIAL Y COMERCIAL

Evaluación y mejora de la calidad del agua potable en la Institución Educativa N°34030 Raúl
Porrás Barrenechea de la localidad de Yurajhuanca en Simón Bolívar - Cerro de Pasco
mediante el desarrollo de un sistema de purificación de agua

Tesis para optar el Título de Ingeniera Industrial y Comercial que presenta:

Bach. Sophia Elith D' Linares Alvarado

Asesora: Ing. Mónica Patricia Chávez Rojas

Lima, enero de 2020

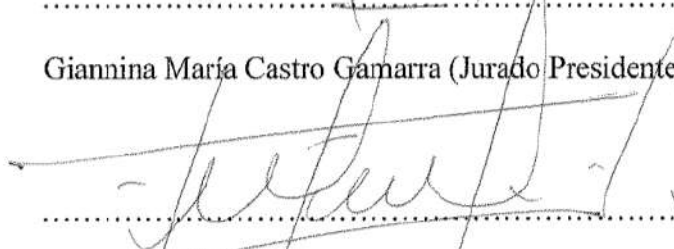
Esta tesis denominada:

EVALUACIÓN Y MEJORA DE LA CALIDAD DEL AGUA POTABLE EN LA
INSTITUCIÓN EDUCATIVA N°34030 RAÚL PORRAS BARRENECHEA DE LA
LOCALIDAD DE YURAJHUANCA EN SIMÓN BOLÍVAR - CERRO DE PASCO
MEDIANTE EL DESARROLLO DE UN SISTEMA DE PURIFICACIÓN DE AGUA

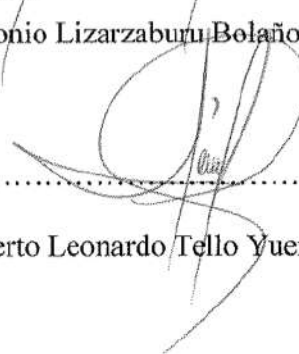
Ha sido aprobada.



Giannina María Castro Gamarra (Jurado Presidente)



Edmundo Raúl Antonio Lizarzaburu Bolaños (Jurado)



Roberto Leonardo Tello Yuen (Jurado)

Universidad ESAN

2020

EVALUACIÓN Y MEJORA DE LA CALIDAD DEL AGUA POTABLE EN LA
INSTITUCIÓN EDUCATIVA N°34030 RAÚL PORRAS BARRENECHEA DE LA
LOCALIDAD DE YURAJHUANCA EN SIMÓN BOLÍVAR - CERRO DE PASCO
MEDIANTE EL DESARROLLO DE UN SISTEMA DE PURIFICACIÓN DE AGUA

AGRADECIMIENTO

A Dios por permitirme terminar esta etapa de mi vida académica satisfactoriamente.

A la Universidad ESAN por los conocimientos académicos adquiridos.

A mi asesora Ing. Mónica Chávez por creer en este trabajo de investigación y ser mi guía.

A mi familia por el apoyo incondicional durante toda la investigación.

A Hugo por creer en mí y darme ánimos cuando se presentaron dificultades.

A la Institución Educativa N° 34030 Raúl Porras Barrenechea por abrirme las puertas de su establecimiento.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	24
ABSTRACT.....	25
INTRODUCCIÓN	26
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	29
1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA.....	29
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	46
1.2.1. Problema general	46
1.2.2. Problemas específicos.....	46
1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	46
1.3.1. Objetivo general.....	46
1.3.2. Objetivos específicos	46
1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	47
1.4.1. Teórica	47
1.4.2. Práctica.....	51
1.4.3. Metodológica	51
1.5. DELIMITACIÓN DEL ESTUDIO.....	52
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	53
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	53
2.1.1. Tesis relacionadas	53
2.1.2. Artículos relacionados	54
2.2. BASES TEÓRICAS	57
2.2.1. Agua de consumo humano.....	57
2.2.1.1. Microbiológicos y parasitológicos.....	57
2.2.1.2. Químicos inorgánicos y orgánicos.....	60
2.2.1.3. Radiactivos.....	65
2.2.1.4. Calidad Organoléptica	66
2.2.2. Métodos tradicionales de purificación de agua.....	69
2.2.2.1. Adsorción con carbón activado.....	70
2.2.2.2. Filtro de arena verde de manganeso.....	71
2.2.2.3. Filtro multimedia	71
2.2.2.4. Cloración.....	71

2.2.2.5.	Ozonización	72
2.2.2.6.	Intercambio iónico	72
2.2.2.7.	Aireación.....	73
2.2.2.8.	Coagulación química	73
2.2.2.9.	Floculación.....	73
2.2.2.10.	Procesos de membranas	73
2.2.2.11.	Radiación ultravioleta (UV).....	75
2.2.2.12.	Desinfección solar.....	76
2.2.3.	Métodos de tratamiento de agua innovadores.....	76
2.2.3.1.	Carbón de bambú	76
2.2.3.2.	Filtros cerámicos.....	76
2.2.3.3.	Filtro de bicicleta	77
2.2.3.4.	Tableta de cerámica	77
2.2.3.5.	Bacterias asesinas de algas.....	77
2.2.4.	Plantas de tratamiento de agua.....	78
2.2.4.1.	Proceso de tratamiento de agua.....	78
2.2.4.1.1.	Coagulación/ Floculación	78
2.2.4.1.2.	Sedimentación.....	78
2.2.4.1.3.	Filtración	79
2.2.4.1.4.	Desinfección	79
2.2.5.	Energía Sostenible	80
2.3.	MARCO CONCEPTUAL O CONTEXTO DE INVESTIGACIÓN.....	80
2.4.	HIPÓTESIS	84
2.4.1.	Hipótesis general.....	84
2.4.2.	Hipótesis específicas.....	84
2.5.	DETERMINACIÓN DE VARIABLES	85
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN		87
3.1.	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	87
3.1.1.	Diseño	87
3.1.2.	Tipo	87
3.1.3.	Enfoque	87
3.2.	POBLACIÓN Y MUESTRA	87
3.3.	INSTRUMENTOS DE MEDIDA.....	90

3.4.	TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	91
3.5.	TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	92
3.6.	CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES Y PRESUPUESTO	93
CAPÍTULO IV: ENTORNO EMPRESARIAL.....		93
4.1.	DESCRIPCIÓN DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA	94
4.1.1.	Reseña histórica y actividad económica	94
4.1.2.	Descripción de la organización.....	95
4.1.2.1.	Organigrama	95
4.1.3.	Datos generales estratégicos de la Institución Educativa	95
4.1.3.1.	Visión, misión y valores o principios	95
4.1.3.2.	Objetivos estratégicos	96
4.1.3.3.	Evaluación interna y externa. FODA.....	97
4.2.	MODELO DE NEGOCIO ACTUAL (CANVAS)	102
4.2.1.	Producto y propuesta de valor.....	102
4.2.2.	Segmentos de clientes	102
4.2.3.	Relacionamiento con clientes	102
4.2.4.	Canales.....	103
4.2.5.	Recursos claves.....	103
4.2.6.	Proveedores o socios claves.....	103
4.2.7.	Procesos o actividades claves	103
4.2.8.	Fuentes de ingresos actuales	104
4.2.9.	Estructura de costos y gastos actuales	104
4.3.	MAPA DE PROCESOS ACTUAL	106
4.3.1.	Descripción de los procesos.....	106
4.4.	ANÁLISIS DEL MACROENTORNO	108
4.4.1.	Análisis global	108
4.4.2.	Análisis social	110
4.4.3.	Análisis económico.....	113
4.4.4.	Análisis político legal	114
4.4.5.	Análisis tecnológico.....	114
4.4.6.	Análisis ambiental.....	114
4.5.	ANÁLISIS DEL MICROENTORNO O SECTOR COMPETITIVO	115
4.5.1.	Análisis de las fuerzas competitivas	115

CAPÍTULO V: DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN	117
5.1. DETERMINACIÓN Y EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN	117
5.1.1. Identificación de los problemas y sus implicancias	117
5.1.1.1. Matriz de selección de los problemas relevantes	117
5.1.2. Descripción de las opciones de mejora o potenciales soluciones	120
5.1.3. Criterios para la selección de la mejor opción de solución.....	123
5.2. PROPUESTA SOLUCIÓN	125
5.2.1. Planeamiento y descripción de actividades.....	125
5.2.2. Ingeniería de requerimientos.....	129
5.2.3. Desarrollo de actividades	131
5.3. MEDICIÓN DE LA SOLUCIÓN	265
5.3.1. Análisis de indicadores cuantitativo y/o cualitativo	265
5.3.2. Simulación de solución	267
5.3.3. Mapeo de riesgos asociados a la solución propuesta	277
5.3.4. Acciones de aseguramiento para la continuidad de la solución.....	283
CAPÍTULO VI: EVALUACIÓN ECONÓMICA Y FINANCIERA PREVIA Y POSTERIOR A LA IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN	284
6.1. EVALUACIÓN ECONÓMICA – FINANCIERA DEL PROYECTO SOLUCIÓN	284
6.1.1. Beneficios sociales y costos ajustados a la solución.....	284
6.1.1.1. Cuantificación de las mejoras en beneficios sociales por impacto de la solución	284
6.1.1.2. Costos e inversión requerida.....	294
6.1.2. Flujo de Caja Económico – Financiero.....	323
6.1.3. Análisis del Retorno de la Inversión (ROI)	324
6.1.4. Determinación del Valor Actual Neto (VAN), Tasa interna de retorno (TIR), Ratio beneficio costo (B/C) y Periodo de recuperación (PR).....	325
6.2. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD ANTE RIESGOS FINANCIEROS	328
CAPÍTULO VII: DISCUSIÓN SOBRE LOS RESULTADOS DEL PROYECTO SOLUCIÓN Y SU IMPACTO.....	336
CAPÍTULO VIII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	340
FUENTES DE INFORMACIÓN	343
ANEXOS	369

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Enfermedades diarreicas en el Perú. Extraído de «Boletín epidemiológico del Perú», de Centro Nacional de Epidemiología, Prevención y Control de Enfermedades del Ministerio de Salud, 2019a.....	36
Figura 2: Enfermedades respiratorias en el Perú. Extraído de «Boletín epidemiológico del Perú», de Centro Nacional de Epidemiología, Prevención y Control de Enfermedades del Ministerio de Salud, 2019a	37
Figura 3: Casos expuestos a metales pesados y metaloides por distritos en Cerro de Pasco en el 2019. Extraído de «Vigilancia epidemiológica: exposición a metales pesados», de Centro Nacional de Epidemiología, Prevención y Control de Enfermedades del Ministerio de Salud, 2019b.....	38
Figura 4: Casos de exposición a metales pesados y metaloides según edad en Cerro de Pasco en el 2019. Extraído de «Vigilancia epidemiológica: exposición a metales pesados», de Centro Nacional de Epidemiología, Prevención y Control de Enfermedades del Ministerio de Salud, 2019b.....	39
Figura 5: Notificación de casos expuestos a metales pesados. Perú 2018. Extraído de «Vigilancia epidemiológica: exposición a metales pesados», de Centro Nacional de Epidemiología, Prevención y Control de Enfermedades del Ministerio de Salud, 2019c	39
Figura 6: Ubicación de PTAP Yurajhuanca. (Fuente Google Earth. Elaboración propia)	41
Figura 7: PTAP Yurajhuanca. (Fuente Google Earth. Elaboración propia)	41
Figura 8: Puerta principal de la Institución Educativa N° 34030 Raúl Porras Barrenechea. (Elaboración propia)	43
Figura 9: Alumnos utilizando los caños de la IE N° 34030. (Elaboración propia).....	43
Figura 10: Resultados de ECE en el 2016 y 2018 a nivel nacional. Extraído de «Sistema de Consulta de Resultados de Evaluaciones», de Ministerio de Educación, 2019a	44
Figura 11: Resultados de ECE en el 2016 y 2018 en Pasco. Extraído de «Sistema de Consulta de Resultados de Evaluaciones», de Ministerio de Educación, 2019a	44
Figura 12: Resultados de ECE - Lectura en el 2016 y 2018 en el ámbito rural en Pasco. Extraído de «Sistema de Consulta de Resultados de Evaluaciones», de Ministerio de Educación, 2019a	45
Figura 13: Resultados de ECE – Matemática en el 2016 y 2018 en ámbito rural en Pasco. Extraído de «Sistema de Consulta de Resultados de Evaluaciones», de Ministerio de Educación, 2019a	45

Figura 14: Fuente de abastecimiento de agua alternativa (ojo de agua). (Elaboración propia)	49
Figura 15: Camino al ojo de agua de la comunidad campesina de Yurajhuanca. (Elaboración propia)	49
Figura 16: Ubicación del ojo de agua de la comunidad campesina de Yurajhuanca. (Fuente Google Earth. Elaboración propia)	50
Figura 17: Fachada panorámica de la Institución Educativa N°34030. (Elaboración propia)	50
Figura 18: Metodología del proyecto. (Elaboración propia)	52
Figura 19: Agentes patógenos transmitidos a través del agua potable. Extraído de «Guías para la calidad del agua de consumo humano: cuarta edición que incorpora la primera adenda», de Organización Mundial de la Salud, 2018a	58
Figura 20: Límites máximos permisibles de parámetros microbiológicos y parasitológicos. Extraído de «Aprueban reglamento de la calidad del agua para consumo humano», de Ministerio de Salud, 2010	60
Figura 21: Límites máximos permisibles de parámetros químicos inorgánicos y orgánicos - Parte I. Extraído de «Aprueban reglamento de la calidad del agua para consumo humano», de Ministerio de Salud, 2010	63
Figura 22: Límites máximos permisibles de parámetros químicos inorgánicos y orgánicos - Parte II. Extraído de «Aprueban reglamento de la calidad del agua para consumo humano», de Ministerio de Salud, 2010	64
Figura 23: Límites máximos permisibles de parámetros químicos inorgánicos y orgánicos – Parte III. Extraído de «Aprueban reglamento de la calidad del agua para consumo humano», de Ministerio de Salud, 2010	65
Figura 24: Límites máximos permisibles de parámetros radiactivos. Extraído de «Aprueban reglamento de la calidad del agua para consumo humano», de Ministerio de Salud, 2010	66
Figura 25: Límites máximos permisibles de parámetros de calidad organoléptica. Extraído de «Aprueban reglamento de la calidad del agua para consumo humano», de Ministerio de Salud, 2010	69
Figura 26: Global activated carbón market share by end-use, 2015%. Extraído de «Activated Carbon Market Size, Share & Trends Analysis Report», 2019	70
Figura 27: Figura de tecnologías de los procesos de membranas. Extraído de «Tecnología de Bioreactores de membrana con osmosis inversa para efluentes mixtos de la Industria de Curtidos» por W. Scholz, s.f.	75

Figura 28: Figura de la velocidad de sedimentación. Extraído de «Teoría de la Sedimentación» por L. Pérez, 2005	79
Figura 29: Interpretación gráfica de la corriente alterna (CA). Extraído de «Corriente alterna y la corriente continua ¿cuál es la diferencia?», s.f.	81
Figura 30: Interpretación gráfica de la corriente continua (CC). Extraído de «Corriente alterna y la corriente continua ¿cuál es la diferencia?», s.f.	82
Figura 31: Carbón activado. (Elaboración propia)	82
Figura 32: Arena Verde. (Elaboración propia)	83
Figura 33: Antracita. (Elaboración propia).....	83
Figura 34: Grava de 5 micras. (Elaboración propia).....	83
Figura 35: Garnet. (Elaboración propia).....	83
Figura 36: Arena de sílice. (Elaboración propia).....	84
Figura 37: Procedimiento de análisis de muestra. (Elaboración propia)	89
Figura 38: Insta test 6 Plus. Extraído de «Insta test 6 Plus» de LaMotte, s.f.....	90
Figura 39: Figura de kit de determinación de hierro. Extraído de «Viscolor ECO Iron 1», de Macherey-Nagel, s.f.....	91
Figura 40: Figura de turbidímetro 2100Q. Extraído de «2100Q Turbidímetro portátil (EPA)», de Hach, s.f.	91
Figura 41: Cronograma de actividades. (Elaboración propia)	93
Figura 42: Patio de la Institución Educativa N° 34030. (Elaboración propia).....	94
Figura 43: Organigrama de la Institución Educativa N° 34030 Raúl Porras Barrenechea. (Elaboración propia)	95
Figura 44: Modelo de negocio actual. (Elaboración propia)	105
Figura 45: Mapa de procesos de la Institución Educativa. (Elaboración propia)	106
Figura 46: Proceso de gestión de matrícula. (Elaboración propia).....	106
Figura 47: Proceso de gestión académica. (Elaboración propia).....	107
Figura 48: Proceso de gestión de bienestar estudiantil. (Elaboración propia).....	108
Figura 49: Los gobiernos aportan cuatro de cada cinco dólares gastados en educación. Extraído de «Informe de seguimiento de la educación en el mundo - Migración, desplazamiento y educación: Construyendo puentes, no muros», de H. Clark, 2019	109
Figura 50: Menos de 7 cada 10 Institución Educativas disponen de agua potable a un nivel básico. Extraído de «Informe de seguimiento de la educación en el mundo - Migración, desplazamiento y educación: Construyendo puentes, no muros», de H. Clark, 2019	110

Figura 51: ¿Dónde están las tasas más bajas y más altas de alfabetización en el mundo? Extraído de «50mo Aniversario del día internacional de la alfabetización: las tasas de alfabetización están en aumento, pero millones de personas siguen siendo analfabetas», de UNESCO Institute for Statistics, 2016.	111
Figura 52: Social Progress Index rankings. Extraído de «2018 Social Progress Index Executive Summary», de Social Progress Imperative, 2018.	112
Figura 53: Crecimiento PIB per cápita año 2018 (% anual). Adaptado de «Crecimiento PIB per cápita (% anual)», de Banco Mundial, s.f.	113
Figura 54: Potenciales soluciones al problema. (Elaboración propia).....	122
Figura 55: Criterios de la Norma Técnica Os. 020. Adaptado de «Reglamento Nacional de Edificaciones», de Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2006. (Elaboración propia).....	125
Figura 56: Entrevista con la directora de la IE N°34030. (Elaboración propia)	131
Figura 57: Recipiente de agua en salón de clase de la IE N° 34030. (Elaboración propia)...	132
Figura 58: Alumnos lavando sus cubiertos en la IE N° 34030. (Elaboración propia)	133
Figura 59: Alumnos utilizando el agua contaminada de la IE N° 34030. (Elaboración propia)	133
Figura 60: Recopilación de la percepción de los alumnos de la IE N° 34030 – I. (Elaboración propia).....	134
Figura 61: Recopilación de la percepción de los alumnos de la IE N°34030 – II. (Elaboración propia).....	135
Figura 62:Figura de Lecane sp. Extraído de «El rotífero lecan», 2009	138
Figura 63: Resultados de la primera pregunta de la ficha de la encuesta de abastecimiento de agua. (Elaboración propia).....	140
Figura 64: Resultados de la segunda pregunta de la ficha de la encuesta de abastecimiento de agua. (Elaboración propia).....	140
Figura 65: Resultados de la tercera pregunta de la ficha de la encuesta de abastecimiento de agua. (Elaboración propia).....	141
Figura 66: Resultados de la cuarta pregunta de la ficha de la encuesta de abastecimiento de agua. (Elaboración propia).....	142
Figura 67: Resultados de la primera pregunta de la ficha de la encuesta sobre el consumo de agua. (Elaboración propia).....	143
Figura 68: Resultados de la segunda pregunta de la ficha de la encuesta sobre el consumo de agua. (Elaboración propia).....	144

Figura 69: Resultados de la tercera pregunta de la ficha de la encuesta sobre el consumo de agua. (Elaboración propia).....	144
Figura 70: Resultados de la cuarta pregunta de la ficha de la encuesta sobre el consumo de agua. (Elaboración propia).....	145
Figura 71: Resultados de la primera pregunta de la ficha de la encuesta sobre el ausentismo escolar. (Elaboración propia).....	146
Figura 72: Resultados de la segunda pregunta de la ficha de la encuesta sobre el ausentismo escolar. (Elaboración propia).....	146
Figura 73: Resultados de la tercera pregunta de la ficha de la encuesta sobre el ausentismo escolar. (Elaboración propia).....	147
Figura 74: Resultados de la cuarta pregunta de la ficha de la encuesta sobre el ausentismo escolar. (Elaboración propia).....	148
Figura 75: Imagen de consumo de agua referencial. Extraído de «Guía de hidratación», de Instituto de Investigación Agua y Salud, 2018	149
Figura 76: Figura de reacción química de CFC. Extraído de «La pérdida de ozono: sustancias químicas responsables», s.f.....	155
Figura 77: Figura de componentes de Tanque Eternit de 600L. Extraído de «Tanque doméstico Eternit», de Eternit, s.f.	156
Figura 78: Contacto casual de las partículas con el medio filtrante. Extraído de «Teoría y práctica de la purificación del agua», de J. Arboleada, 2000.	157
Figura 79: Figura de la estructura del carbón activado. Extraído de «Types of carbon adsorbents and their production», de J. Menéndez y I. Martín, 2006, Interface Science and technology,7, 1-48.	158
Figura 80: Figura de la diferencia entre la adsorción y la absorción. Extraído de «Purificador de agua: Clorine off», de Hidrolit,s.f.	158
Figura 81: Esquematzación de la reacción del hierro en el filtro de arena verde. Extraído de «How DMI-65 Works», de Quantum Filtration Medium Pty Ltd., s.f.	161
Figura 82: Figura de las etapas del filtro multimedia. Extraído de «Multi media filters», de Rayned Water Filtration systems, s.f.	164
Figura 83: Distribución de telas filtrantes en orden vertical. (Elaboración propia).....	166
Figura 84: Dimensiones del filtro en mm. (Elaboración propia).....	167
Figura 85 : Absorción de UV del ADN vs Longitud de onda. Adaptado de «Diseño de un tren de potabilización para una planta generadora de agua embotellada», de E. Ponce, 2005.	168

Figura 86: Acción Germicida de la Luz Ultravioleta. Extraído de «La desinfección y esterilización con luz ultravioleta», de Logicclan, s.f.....	169
Figura 87: Curva de rendimiento de la bomba elevadora. Extraído de «Ficha técnica: Información técnica de presurizadores Rowa inteligente», de Blupools, s.f.	170
Figura 88: Conexiones del tanque de almacenamiento – Vista Frontal. (Elaboración propia)	175
Figura 89: Conexiones del tanque de almacenamiento – Vista Lateral. (Elaboración propia)	176
Figura 90: Conexiones del filtro I. (Elaboración propia).....	178
Figura 91: Conexiones del filtro II. (Elaboración propia)	178
Figura 92: Conexiones del equipo UV - Vista Superior. (Elaboración propia).....	179
Figura 93: Conexiones del equipo UV - Vista Frontal I. (Elaboración propia).....	180
Figura 94: Conexiones del equipo UV - Vista Frontal II. (Elaboración propia)	180
Figura 95: Soporte de recipiente. (Elaboración propia).....	181
Figura 96: Soporte del equipo UV. (Elaboración propia).....	181
Figura 97: Figura de guía de tallas para bicicletas infantiles. Extraído de «Guía de tallas», de Fabregues Bicicletas, s.f.	182
Figura 98: Tabla de medidas de bielas. Extraído de «Elección del tamaño de biela», s.f.	183
Figura 99: Figura de partes de la bicicleta. Extraído de «Partes de una bicicleta», de Cambridge University, s.f.....	183
Figura 100: Transmisión de energía por engranajes. Extraído de «Actividad 8: Engranajes», de Tecnología e Informática, s.f.	186
Figura 101: Figura de transmisión de energía por poleas. Extraído de «Sistema de poleas y correas», s.f.	187
Figura 102: Modelización del funcionamiento de un generador. Extraído de «Generadores eléctricos», s.f.	187
Figura 103: Esquema de un puente rectificador de diodos. Extraído de «¿Qué es un puente rectificador de diodos?», de Curiosoando, s.f.....	188
Figura 104: Figura de un sistema de un generador eléctrico. Extraído de «Bici generador», de Micons, s.f.....	189
Figura 105: Figura de los aspectos del repartidor. Extraído de «Repartidor Legrand Bornera Seleccionable 40A», de AutoSolar, s.f.	193
Figura 106: Secuencia del generador eléctrico. (Elaboración propia).....	193

Figura 107: Figura de especificaciones del panel solar. Extraído de «Panel Solar 200W 12V», de Era Solar, s.f.	194
Figura 108: Figura de grados de protección contra penetración de cuerpos sólidos extraños y para agua. Extraído de «Apéndice: Grados/ Índices de protección (IP) acorde a DIN EN IEC60529», de HellermannTyton, s.f.	197
Figura 109: Figura de grado de protección AD4: posibilidad de chorros de agua en todas las direcciones. Extraído de «Exposición al agua de los cables eléctricos», Top cables, s.f.	198
Figura 110: Diseño del sistema de purificación de agua - Vista Frontal. (Elaboración propia)	199
Figura 111: Diseño de purificación de agua - Vista superior. (Elaboración propia)	200
Figura 112: Diseño del piloto - Vista Frontal. (Elaboración propia)	202
Figura 113: Ensamblaje de piloto – I. (Elaboración propia)	203
Figura 114: Ensamblaje de piloto – II. (Elaboración propia)	204
Figura 115: Ensamblaje de piloto – III. (Elaboración propia)	205
Figura 116: Ensamblaje de piloto – IV. (Elaboración propia)	206
Figura 117: Ensamblaje de piloto – V. (Elaboración propia)	206
Figura 118: Ensamblaje del piloto - VI. (Elaboración propia)	206
Figura 119: Ensamblaje de piloto – VII. (Elaboración propia)	207
Figura 120: Elaboración del piloto - VIII. (Elaboración propia)	208
Figura 121: Caños de la Institución Educativa N° 34030. (Elaboración propia)	216
Figura 122: Diagrama de procedimiento de evaluación de muestras. (Elaboración propia)	219
Figura 123: Gráfica de interacción. (Fuente Minitab, Elaboración propia)	222
Figura 124: Figura de parámetros de medición de Insta test 6. Extraído de «Insta test 6 Plus», de LaMotte, s.f.	223
Figura 125: Figura de intervalos de medición de hierro. Extraído de «Viscolor ECO Iron 1», de Macherey-Nagel, s.f.	225
Figura 126: Tres dimensiones del desarrollo sustentable. Extraído de «Sustentabilidad», de F. Sorrentino, 2017	235
Figura 127: Protocolo de toma de muestra de agua en la Institución Educativa N° 34030 Raúl Porras Barrenechea. (Elaboración propia)	267
Figura 128: Diagrama del procedimiento de toma de muestra de agua en la Institución Educativa N°34030 Raúl Porras Barrenechea (Elaboración propia).	268
Figura 129: Diagrama del procedimiento de tratamiento de agua de la IE. (Elaboración propia)	269

Figura 130: Diagrama del procedimiento del sistema de purificación de agua de la IE. (Elaboración propia)	270
Figura 131: Protocolo de tratamiento de agua para el estudio del piloto. (Elaboración propia)	271
Figura 132: Protocolo de análisis del agua – Cloro. (Elaboración propia).....	272
Figura 133: Diagrama de análisis de agua – Cloro. (Elaboración propia).....	272
Figura 134: Protocolo de análisis del agua – Hierro. (Elaboración propia).....	273
Figura 135: Diagrama de análisis del agua - Hierro. (Elaboración propia)	273
Figura 136: Protocolo de análisis de agua - turbiedad. (Elaboración propia).....	274
Figura 137: Diagrama de análisis de agua - turbiedad. (Elaboración propia)	275
Figura 138: Protocolo de análisis de bacterias coliformes y OVL. (Elaboración propia)	275
Figura 139: Diagrama de análisis de agua de bacterias coliformes y OVL. (Elaboración propia)	276
Figura 140: Brecha cualitativa en la prestación de agua y saneamiento. Extraído de «El agua cuesta entre 30 y 50 veces más en Pasco y Pucallpa», 2014.	287
Figura 141: Factores de corrección de los precios de mercado para proyectos de saneamiento – Operación y Mantenimiento. Extraído de «Anexo SNIP 10: Parámetros de evaluación», de Ministerio de Economía y Finanzas, s.f.....	294
Figura 142: Gráfico de variación de VAN por costos de mantenimiento para la Empresa Privada. (Elaboración propia)	329
Figura 143: Variación de TIR por costos de mantenimiento para la Empresa Privada. (Elaboración propia)	329
Figura 144: Gráfico de variación de VAN por costos de mantenimiento para el Estado. (Elaboración propia)	331
Figura 145: Gráfico de variación de TIR por costos de mantenimiento para el Estado. (Elaboración propia)	331
Figura 146: Gráfico de variación de VAN por beneficios para la Empresa Privada. (Elaboración propia).....	333
Figura 147: Gráfico de variación de VAN por beneficios para el Estado. (Elaboración propia)	335
Figura 148: Medidas del sistema de purificación de agua – I en mm. (Elaboración propia)	371
Figura 149: Medidas del sistema de purificación de agua – II en mm. (Elaboración propia)	372

Figura 150: Medidas del sistema de purificación de agua – III en mm. (Elaboración propia)	373
Figura 151: Ficha de encuesta sobre abastecimiento de agua. (Elaboración propia)	375
Figura 152: Ficha de encuesta sobre el consumo de agua. (Elaboración propia)	376
Figura 153: Ficha de encuesta sobre el ausentismo escolar. (Elaboración propia)	377
Figura 154: Ficha de encuesta sobre síntomas de enfermedades. (Elaboración propia)	378
Figura 155: Formato de guía de entrevista para el experto de tratamiento de agua. (Elaboración propia)	379
Figura 156: Formato de guía de entrevista para el experto de proyectos sociales. (Elaboración propia)	380
Figura 157: Formato de guía de entrevista para el presidente de la comunidad campesina de Yurajhuanca. (Elaboración propia)	381
Figura 158: Formato de guía de entrevista para la directora de la Institución Educativa N°34030 Raúl Porras Barrenechea. (Elaboración propia)	382
Figura 159: Alumnos jugando en el recreo. (Elaboración propia)	383
Figura 160: Aula de clase de la IE N° 34030. (Elaboración propia)	383
Figura 161: Alumnos jugando en el patio de la IE. (Elaboración propia)	384
Figura 162: Alumnos jugando con trompos en la hora del recreo. (Elaboración propia)	384

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Resumen de los antecedentes de la investigación.....	55
Tabla 2: Variables del proyecto	85
Tabla 3: Diseño factorial.....	88
Tabla 4: Matriz FODA.....	97
Tabla 5: Matriz EFI.....	98
Tabla 6: Matriz EFE.....	99
Tabla 7: Matriz IE	100
Tabla 8: Matriz FODA Cruzada	101
Tabla 9: Problemas y consecuencias de la Institución Educativa.....	117
Tabla 10: Leyenda método de Hanlon	118
Tabla 11: Criterios método de Hanlon.....	118
Tabla 12: Matriz de selección de problemas relevantes	119
Tabla 13: Análisis de brechas – (GAP).....	120
Tabla 14: Valores de evaluación de potenciales soluciones	123
Tabla 15: Matriz de evaluación de las potenciales soluciones	124
Tabla 16: Comparativo de metodologías	126
Tabla 17: Frecuencia de síntomas en la IE N°34030	134
Tabla 18: Porcentaje de niños desaprobados en el año 2016, 2017 y 2018 a nivel de Pasco, Simón Bolívar y sector rural	135
Tabla 19: Porcentaje de niños desaprobados en el año 2016, 2017 y 2018 en la IE N° 34030	136
Tabla 20: Resultados del análisis de agua I	137
Tabla 21: Resultados del análisis de agua II.....	137
Tabla 22: Resultados de análisis de agua III.....	138
Tabla 23: Cálculo de coeficiente de crecimiento anual en la IE N° 34030 Raúl Porras Barrenechea.....	150
Tabla 24: Indicadores para el diseño del sistema de purificación de agua en la IE N°34030 Raúl Porras Barrenechea.....	152
Tabla 25: Características del carbón activado	159
Tabla 26: Características de la arena verde.....	162
Tabla 27: Granulometría del filtro multimedia.....	164
Tabla 28: Granulometría de los filtros	166

Tabla 29: Leyenda conexiones del tanque de almacenamiento	176
Tabla 30: Leyenda de las conexiones del filtro	179
Tabla 31: Leyenda de conexiones del equipo UV	180
Tabla 32: Velocidad promedio de los niños en rpm	184
Tabla 33: Cálculo de consumo de energía	194
Tabla 34: Tiempo de filtración del filtro carbón activado-piloto	209
Tabla 35: Tiempo de filtración del filtro de arena verde – piloto	211
Tabla 36: Tiempo de filtración del filtro multimedia - piloto	213
Tabla 37: Tiempo de filtración del piloto	214
Tabla 38: Datos de la toma de muestra	215
Tabla 39: Selección de caños para la muestra	215
Tabla 40: Códigos de muestra	216
Tabla 41: Resultados generales de la muestra	219
Tabla 42: Resultados de análisis de cloro	223
Tabla 43: Eficacia y eficiencia en remoción de cloro	224
Tabla 44: Resultados de análisis de hierro	225
Tabla 45: Eficacia y eficiencia en remoción de hierro	226
Tabla 46: Resultados de análisis de turbiedad	227
Tabla 47: Eficacia y eficiencia en remoción de turbiedad	228
Tabla 48: Resultados de remoción de coliformes totales	228
Tabla 49: Efectividad y eficiencia en remoción de bacterias coliformes totales	230
Tabla 50: Resultados de remoción de coliformes fecales	230
Tabla 51: Efectividad y eficiencia en remoción de bacterias coliformes fecales	231
Tabla 52: Resultados de remoción de organismos de vida libre	232
Tabla 53: Efectividad y eficiencia en remoción de OVL	233
Tabla 54: Resumen de resultados de remoción de los parámetros observados	234
Tabla 55: Criterios de evaluación de entidades	240
Tabla 56: Acción para la sostenibilidad social - I	241
Tabla 57: Acción para la sostenibilidad social - II	243
Tabla 58: Acción para la sostenibilidad social - III	244
Tabla 59: Acción para la sostenibilidad social - IV	245
Tabla 60: Acción para la sostenibilidad ambiental - I	246
Tabla 61: Acción para la sostenibilidad ambiental - II	247
Tabla 62: Acción para la sostenibilidad ambiental - III	250

Tabla 63: Sostenibilidad tecnológica - Equipo UV	251
Tabla 64: Sostenibilidad tecnológica -Válvula de filtro	252
Tabla 65: Sostenibilidad tecnológica -Bomba elevadora.....	253
Tabla 66: Sostenibilidad tecnológica -Bomba presurizadora	254
Tabla 67: Acción para promover la sostenibilidad tecnológica.....	255
Tabla 68: Acciones para promover la sostenibilidad	258
Tabla 69: Cumplimiento de requisitos	264
Tabla 70: Indicadores del trabajo de investigación- I.....	265
Tabla 71: Indicadores del trabajo de investigación- II.....	266
Tabla 72: Riesgos relacionados al proyecto.....	277
Tabla 73: Ahorro en gasto para la recolección de agua	286
Tabla 74: Ahorro en el gasto de consumo de agua	288
Tabla 75: Ahorro en gastos médicos producto de enfermedades derivadas del consumo de agua contaminada.....	290
Tabla 76: Reducción de gastos del Estado producto del ausentismo escolar	292
Tabla 77: Estimación de beneficios sociales obtenidos del proyecto para la Institución Educativa N°34030 Raúl Porras Barrenechea.....	293
Tabla 78: Costos de inversión privados y sociales para la realización del estudio del sistema piloto	295
Tabla 79: Costos de inversión privados y sociales para el análisis de agua	296
Tabla 80: Costos de inversión privados y sociales para el desarrollo del sistema de purificación de agua en la Institución Educativa N°34030 Raúl Porras Barrenechea	297
Tabla 81: Costos de inversión privados para la operación y mantenimiento - Año 1	300
Tabla 82: Costos de inversión privados para la operación y mantenimiento - Año 2	301
Tabla 83: Costos de inversión privados para la operación y mantenimiento - Año 3	302
Tabla 84: Costos de inversión privados para la operación y mantenimiento - Año 4	303
Tabla 85: Costos de inversión privados para la operación y mantenimiento – Año 5.....	304
Tabla 86: Costos de inversión privados para la operación y mantenimiento - Año 6	305
Tabla 87: Costos de inversión privados para la operación y mantenimiento - Año 7	306
Tabla 88: Costos de inversión privados para la operación y mantenimiento - Año 8	307
Tabla 89: Costos de inversión privados para la operación y mantenimiento - Año 9	308
Tabla 90: Costos de inversión privados para la operación y mantenimiento - Año 10	309
Tabla 91: Resumen de costos privados de operación y mantenimiento del sistema de purificación de agua en la Institución Educativa N°34030 Raúl Porras Barrenechea	310

Tabla 92: Costos de inversión sociales para la operación y mantenimiento - Año 1	311
Tabla 93: Costos de inversión sociales para la operación y mantenimiento - Año 2	312
Tabla 94: Costos de inversión sociales para la operación y mantenimiento - Año 3	313
Tabla 95: Costos de inversión sociales para la operación y mantenimiento - Año 4	314
Tabla 96: Costos de inversión sociales para la operación y mantenimiento - Año 5	315
Tabla 97: Costos de inversión sociales para la operación y mantenimiento - Año 6	316
Tabla 98: Costos de inversión sociales para la operación y mantenimiento - Año 7	317
Tabla 99: Costos de inversión sociales para la operación y mantenimiento - Año 8	318
Tabla 100: Costos de inversión sociales para la operación y mantenimiento - Año 9	319
Tabla 101: Costos de inversión sociales para la operación y mantenimiento - Año 10	320
Tabla 102: Resumen de costos sociales para la operación y mantenimiento del sistema de purificación de agua en la Institución Educativa N°34030 Raúl Porras Barrenechea	321
Tabla 103: Comparación de costos privados y sociales para la operación y mantenimiento	322
Tabla 104: Flujo de caja considerando costos sociales.....	323
Tabla 105: Flujo de caja considerando costos privados.....	323
Tabla 106: Retorno de la inversión considerando costos sociales	324
Tabla 107: Retorno de la inversión considerando costos privados.....	324
Tabla 108: Comparación VAN y TIR.....	325
Tabla 109: Ratio Beneficio Costo - Estado.....	326
Tabla 110: Ratio Beneficio Costo - Empresa privada	326
Tabla 111: Comparación de periodo de recuperación	327
Tabla 112: Análisis de sensibilidad para la Empresa Privada - Costos de mantenimiento ...	328
Tabla 113: Análisis de sensibilidad para el Estado - Costos de mantenimiento.....	330
Tabla 114: Análisis de sensibilidad para la Empresa Privada - Beneficios.....	332
Tabla 115: Análisis de sensibilidad para el Estado - Beneficios	334
Tabla 116: Matriz de Consistencia	369
Tabla 117: Frecuencia de mantenimiento del sistema	374
Tabla 118: Registro de interesados del proyecto en la IE N°3430 Raúl Porras Barrenechea	385

LISTA DE ABREVIATURAS

ANA	Autoridad Nacional del Agua
DCOVI	Dirección de Control y Vigilancia
DIGESA	Dirección General de Salud Ambiental e Inocuidad Alimentaria
DS	Decreto Supremo
EPS	Empresa Prestadora de Servicios
IE	Institución Educativa
INEI	Instituto Nacional de Estadística e Informática
ODS	Objetivos de Desarrollo Sostenible
OMS	Organización Mundial de la Salud
ONU	Organización de las Naciones Unidas
PTAP	Planta de Tratamiento de Agua Potable
SUNASS	Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento
UV	Ultravioleta

LISTA DE ECUACIONES

(1) Ingesta diaria tolerable	60
(2) Muestras necesarias	88
(3) Población futura	149
(4) Coeficiente de crecimiento	150
(5) Caudal promedio diario	151
(6) Dotación de agua	151
(7) Caudal máximo diario	152
(8) Caudal máximo horario	152
(9) Cloro requerido	154
(10) Días requeridos	154
(11) Área del filtro	159
(12) Volumen del filtro	160
(13) Velocidad del filtro	160
(14) Velocidad de salida	171
(15) Torque	183
(16) Potencia mecánica	185
(17) Transmisión de energía mediante engranajes	185
(18) Transmisión de energía mediante poleas	186
(19) Tiempo de carga	190
(20) Longitud de correa de transmisión	191
(21) Caudal del filtro	210
(22) Tiempo de contacto en la cama vacía	210
(23) Nivel de eficacia	234
(24) Nivel de eficiencia	234

Resumen

El Ministerio de Salud declaró en Emergencia Sanitaria los distritos de Chaupimarca y Simón Bolívar de la provincia de Cerro de Pasco en el departamento de Pasco, mediante el DS N° 020-2017-SA. Dentro del distrito de Simón Bolívar, se encuentra la Institución Educativa N°34030 de la comunidad campesina de Yurajhuanca, la cual según el informe N°1595-2017/DCOVI/DIGESA, evidencia que los valores de turbiedad, hierro, cloro, bacterias coliformes totales, bacterias coliformes fecales y organismos de vida libre exceden los límites máximos permisibles para el agua potable indicados en el DS N° 031-2010-SA.

La presente investigación tiene como objetivo general mejorar la calidad del agua potable en la Institución Educativa N°34030 Raúl Porras Barrenechea mediante un sistema de purificación de agua que preserve la salud de los alumnos. Para el desarrollo de la tesis se utilizaron datos históricos, primarios y secundarios; encuestas; 61 muestras de agua; entrevistas a expertos; análisis de agua en el laboratorio; tiras reactivas de cloro y kit de determinación de hierro.

El sistema de purificación de agua propuesto para la Institución Educativa utiliza la cloración, el filtro multimedia, el filtro de carbón activado, el filtro de arena verde y el equipo ultravioleta (UV) para la remoción de 90.38% de cloro; 85.71% de hierro; 84.91% de turbiedad; y 100% de bacterias coliformes y organismos de vida libre.

A partir de los resultados obtenidos, se puede afirmar que el sistema de purificación de agua propuesto preserva la salud de los alumnos y profesores ya que este logró que los parámetros observados en el informe N°1595-2017/DCOVI/DIGESA se encuentren dentro de los límites permisibles del DS N° 031-2010- SA. Finalmente, se puede resumir que se ha evidenciado que el proyecto puede mejorar la calidad de vida de los miembros de la Institución Educativa N° 34030 Raúl Porras Barrenechea.

Palabras clave: agua, salud, comunidad, institución educativa

Abstract

The Ministry of Health declared a health emergency in the districts of Chaupimarca and Simón Bolívar in the province of Cerro de Pasco in the department of Pasco as stated by Supreme Decret N° 020-2017-SA. According to the report N° 1595-2017 / DCOVI / DIGESA, the Educational Institution N° 34030 of the rural community of Yurajhuanca in the district of Simón Bolívar, exhibits a concentration of turbidity, iron, chlorine, total coliform bacteria, fecal coliform bacteria and free-living-organisms that exceeds the maximum permissible limits of drinkable water indicated in the DS N° 031-2010-SA.

The purpose of the present investigation is to improve the quality of drinking water in the Educational Institution N°34030 Raúl Porras Barrenechea through the development of a water purification system that preserves the health of students and teachers. In order to write the thesis, the following elements were reviewed: historical, primary and secondary data; surveys, 61 water samples, expert interviews, water analysis in the laboratory, chlorine test strips and iron determination kit.

The water purification system designed for the Educational Institution uses chlorination, a water multimedia filter, an activated charcoal filter, a greensand filter and ultraviolet equipment for the removal of 90.38% chlorine; 85.71% iron; 84.91% turbidity; and 100% coliform bacteria and free-living-organisms.

As shown by the results obtained, the water purification system proposed preserves the health of the students and teachers since it achieved that the parameters observed in report N°1595-2017 / DCOVI / DIGESA are within the limits allowable of the DS N° 031-2010- SA. To sum up, the project could improve the quality of life of the members of the Educational Institution IE N° 34030 Raúl Porras Barrenechea.

Keywords: water, health, community, educational institution

Introducción

La falta de acceso a agua segura es uno de los principales problemas a nivel mundial puesto que está asociada a una gran cantidad de enfermedades que ocasionan la muerte de miles de personas al año. La Organización Mundial de la Salud señala que la diarrea es una de las principales enfermedades dado que ocasiona la muerte de 829,000 personas anualmente en el mundo (*World Health Organization*, 2019).

Asimismo, la contaminación de agua expone innecesariamente a las personas a problemas de salud evitables; así como también trae como consecuencia la inversión de tiempo y esfuerzo en la búsqueda de nuevas fuentes de abastecimiento, lo cual impide que las personas puedan realizar otras tareas en las que serían más productivos. Inclusive, la Organización de las Naciones Unidas (s.f.) menciona que esta situación contribuye a enraizar la pobreza puesto que los pobres son todavía más desafortunados. También, Reid (2019) señala que 2.1 billones de personas alrededor del mundo luchan por acceder a la calidad y cantidad de agua necesaria para sobrevivir.

Esta problemática no es ajena al Perú, en la provincia de Cerro de Pasco, en el departamento de Pasco, el Ministerio de Salud declaró en Emergencia Sanitaria los distritos de Chaupimarca y Simón Bolívar mediante el DS N° 020-2017-SA debido a que se identificó un alto daño en la salud de los pobladores (Ministerio de Salud, 2017a). Dentro del distrito de Simón Bolívar se encuentra la Institución Educativa (IE) N°34030 Raúl Porras Barrenechea, en la cual se realizó un análisis de la calidad del agua para consumo humano, y en ella se evidenció que los valores de turbiedad, hierro, cloro, bacterias coliformes totales, bacterias coliformes fecales y organismos de vida libre exceden los límites máximos permisibles del DS N° 031-2010-SA (Ministerio de Salud, 2010).

La siguiente propuesta de investigación consiste en la evaluación y mejora de la calidad del agua potable en la IE N°34030 Raúl Porras Barrenechea de la localidad de Yurajhuanca en Simón Bolívar - Cerro de Pasco mediante el desarrollo de un sistema de purificación de agua. Además, el sentido de esta investigación es ofrecer una opción viable y sostenible al grave problema que enfrenta la Institución Educativa.

Actualmente la IE cuenta con 67 alumnos; 6 profesores multigrado; y, la comunidad campesina con 525 habitantes.

En el primer capítulo se desarrolla el planteamiento del problema; es decir, se presentan los problemas, objetivos y justificación del trabajo de investigación. Cabe resaltar que los objetivos están alineados a la mejora de la calidad del agua potable actual mediante un sistema de purificación de agua que permita que los parámetros observados (turbiedad, hierro, cloro, bacterias coliformes totales, bacterias coliformes fecales y organismos de vida libre) se encuentren dentro de los límites permisibles del DS N° 031-2010-SA de tal manera que este preserve la salud de los alumnos y profesores.

En el segundo capítulo se describe el marco teórico, así como los antecedentes de la investigación y las bases teóricas que sostienen este trabajo. Además, explica los componentes de los sistemas de purificación de agua y los parámetros de evaluación de la calidad del agua potable o agua para el consumo humano. Inclusive, describe la energía renovable como un medio sostenible.

En el tercer capítulo se reseña la metodología utilizada, en la cual se describen las fases del proyecto, las técnicas y métodos para la recolección de datos, los instrumentos de medición, entre otros.

En el cuarto capítulo se describe la Institución Educativa (IE), así como los procesos claves. Además, se desarrolla el análisis del macroentorno y microentorno de la IE.

En el quinto capítulo se presenta el desarrollo de la solución al problema principal de la Institución Educativa. Además, se muestran los cálculos realizados para el diseño del sistema de purificación de agua para la Institución Educativa; para la implementación del sistema piloto; y, para la creación del generador eléctrico. También, se exhiben los resultados obtenidos de la aplicación del sistema piloto.

En el sexto capítulo se exponen los beneficios sociales del proyecto; así como los costos privados y sociales para la operatividad y mantenimiento del sistema de purificación de agua por los 10 años planificados de funcionamiento. Por añadidura, se muestra la rentabilidad del proyecto.

En el séptimo capítulo se describe la discusión de resultados, en la cual se comparan los resultados obtenidos con los antecedentes de la investigación. Asimismo, se presenta la respuesta a la hipótesis y las limitaciones que dificultaron el desarrollo del presente trabajo.

En el octavo capítulo se enuncian las conclusiones y recomendaciones, las cuales se desprenden de los objetivos presentados en el primer capítulo.

Capítulo I: Planteamiento del Problema

1.1. Descripción de la Realidad Problemática

El agua no es solo fundamental para el desarrollo sostenible de una sociedad; sino que también es un derecho humano. La Asamblea General de las Naciones Unidas reconoce que todas las personas tienen el derecho de acceder a la cantidad suficiente de agua para su uso personal y doméstico (50 a 100 litros por día). Además, la Organización de las Naciones Unidas (ONU, s.f.) señala que entre los asuntos que les importa está el agua, la cual debe ser segura y accesible en términos monetarios y físicos.

Diariamente, 2.1 billones de personas alrededor del mundo luchan por acceder a la calidad y cantidad de agua necesaria para sobrevivir a causa de la ausencia de agua potable en sus hogares (Reid, 2019). Consecuentemente, esto ocasiona: la falta de tiempo para trabajar, estudiar y cuidar a sus familias; y, el desarrollo del ciclo de la pobreza. Lamentablemente, las mujeres y niños son los más afectados por esta crisis ya que deben renunciar a sus roles tradicionales para buscar fuentes de abastecimiento de agua (Water.org, s.f.).

El problema no se limita a la dificultad de recolectar agua potable, sino a la facilidad de acceder a agua contaminada y a saneamiento deficiente. Ambos están relacionados a la transmisión de enfermedades como el cólera, la diarrea y la fiebre tifoidea. Es preciso mencionar que la diarrea causa la muerte de 829,000 personas anualmente en el mundo. En otras palabras, los inadecuados o ausentes servicios de agua y saneamiento exponen innecesariamente a las personas a riesgos de salud prevenibles (*World Health Organization*, 2019).

Por otro lado, la degradación del agua reduce la sostenibilidad de los recursos hídricos y afecta directamente la integridad de los ecosistemas (*United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization* [UNESCO], 2018). Por lo tanto, la disponibilidad de recursos hídricos no contaminados es imprescindible para el desarrollo sostenible de una sociedad.

En primer lugar, representa una buena inversión económica, puesto que algunos países pierden hasta un 7% de su producto bruto interno (PBI) debido al saneamiento inadecuado. En segundo lugar, mejorar la accesibilidad reduce las desigualdades y logra mayores niveles de

rendimiento escolar y mayor productividad (Lockwood, 2018). Finalmente, mitigar la escasez de agua de calidad permite la protección y restauración de los ecosistemas. Cabe resaltar que asegurar el acceso mundial al agua y saneamiento es uno de los 17 objetivos de desarrollo sostenible de la Agenda 2030 de la Organización de las Naciones Unidas (Organización de las Naciones Unidas, s.f.).

A pesar de la importancia del agua para el desarrollo, la accesibilidad a esta es imposible en muchos países del mundo puesto que se requieren \$150 billones de dólares al año para erradicar el problema (*The World Bank*, 2017).

Alrededor del mundo, más de mil millones de personas carecen de acceso a agua, y otros 2.7 mil millones, durante al menos un mes del año, lo encuentran escasamente (BBC, 2018a). En el 2018, la agonizante sequía y el excesivo consumo de agua pudo convertir a Ciudad del Cabo en la primera ciudad en el mundo sin agua potable (BBC, 2018b). Sin embargo, este caso es solo un ejemplo de la terrible situación que enfrentan billones de personas. Se estima que el 50% de personas que viven en condiciones similares, enfrentarán la escasez de agua potable y la incapacidad de encontrar suficientes recursos para satisfacer sus necesidades. Este fenómeno se conoce como estrés hídrico, el cual es producto de la contaminación, la ausencia de tecnología adecuada para el abastecimiento de agua y la excesiva dependencia de las aguas superficiales como única fuente de agua potable ("*All about water filters*", s.f.). En otras palabras, el estrés hídrico genera vulnerabilidad en las comunidades (Gassert, Maddocks y Reig, 2013).

Lamentablemente, el Perú no es ajeno a la insalubridad del agua. Actualmente, cientos de personas indígenas solo pueden abastecerse de fuentes de agua contaminadas por metales pesados, y a pesar de esto, no tienen acceso a una atención médica adecuada ("*Peru: Authorities neglect Indigenous Peoples exposed to contaminated water*", 2017). Cabe resaltar que solo el 63.1% de los peruanos consideran que tienen acceso a agua potable por red pública en sus viviendas, y solo el 8.5% de la población rural considera que cuenta con ese beneficio (Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI], 2018a). En otras palabras, el 36.9% de los peruanos consideran que están altamente expuestos a consumir agua contaminada. A continuación, se presenta la situación de algunos departamentos del Perú.

- En Amazonas, el agua subterránea es muy utilizada como agua potable, a pesar de que contiene altas concentraciones de arsénico, aluminio y manganeso (Agencia EFE, 2018).
- En Lambayeque, más de 14000 personas consumen agua altamente contaminada por arsénico (“Niños y madres gestantes que consumen agua con arsénico reciben atención médica”, 2019).
- En Tumbes, los pobladores consumen agua contaminada por plomo, arsénico y hierro lo cual degrada sus riñones e hígados (Morales, 2018).
- En La Libertad, específicamente en Mollepata, una de las causas de fallecimiento es el consumo de agua contaminada (“Pobladores de Mollepata consumen agua contaminada denuncia alcalde”, 2018).
- En Arequipa, más de 30 mil personas tienen problemas estomacales a causa del consumo de agua contaminada por boro y hierro (“Unos 30 mil pobladores consumen agua contaminada en Paucarpata”, 2018).
- Se han detectado altos niveles de concentración de mercurio en Madre de Dios, Huancavelica, Cusco y Puno (Sierra, 2018).
- La Autoridad Nacional del Agua (ANA, 2015) señala que hay 1185 fuentes de contaminación en el río Rímac, principal proveedor de agua en Lima.
- En Ucayali, el agua contiene más de 20000 coliformes fecales por cada 100 mililitros de agua (“ANA alerta sobre alta contaminación del río Ucayali”, 2015).

Como se ha mencionado anteriormente, el presente trabajo de investigación está enfocado en la comunidad campesina de Yurajhuanca del distrito de Simón Bolívar, en la provincia de Cerro de Pasco perteneciente al departamento de Pasco, por tal motivo se presentará a continuación los acontecimientos más importantes de los últimos años relacionados con el presente trabajo en el departamento de Pasco.

- El exgobernador regional de Pasco, Klever Meléndez, señaló en julio del 2012 que la contaminación de agua afectaba a más de 90 mil personas por lo cual resaltó la importancia de contar con un proyecto integral de saneamiento debido a que el sistema de saneamiento inicial era obsoleto (“Pasco espera solución por contaminación de agua que afecta a más de 90 mil pobladores”, 2012).

- Debido a la escasez de fuentes de abastecimiento y la contaminación del agua se planteó un proyecto que potabilice, transporte y distribuya el agua desde la laguna Acucocha hasta la provincia de Cerro de Pasco. En noviembre del 2012, el ex ministro de Vivienda, René Cornejo, anunció que a través del proyecto “Mejoramiento y ampliación de los servicios de saneamiento y fortalecimiento institucional integral de Emapa Pasco, provincia de Pasco” se beneficiaría a más de 80 mil personas y que el costo total de dicho proyecto ascendería a aproximadamente 180 millones de soles. Asimismo, recalcó que este proyecto iniciaría en el 2013 (“Ministro Cornejo anuncia servicio de agua potable de calidad para Cerro de Pasco”, 2012).
- En la ley N° 29951: Ley de presupuesto del sector público para el año fiscal 2013, se encuentra el artículo sexagésimo tercero que señala de necesidad pública e interés nacional el proyecto “Mejoramiento y ampliación de los servicios de saneamiento y fortalecimiento institucional integral de Emapa Pasco, provincia de Pasco”. Asimismo, menciona que debe cumplir con la normativa y procedimientos del sector correspondiente (Congreso de la República, 2013). El proyecto suministrará agua potabilizada a los distritos de Chaupimarca, Yanacancha y Simón Bolívar.
- El proyecto “Mejoramiento y ampliación de los servicios de saneamiento y fortalecimiento institucional integral de Emapa Pasco, provincia de Pasco” está identificado con el código SNIP: 74176 y se encuentra en el Banco de Proyectos del Ministerio de Economía y Finanzas (Ministerio de Economía y Finanzas, 2019b).
- En mayo del 2015, el Gobierno Regional de Pasco aprobó los adicionales 1, 2 y 3 del proyecto para garantizar la calidad del agua esperada. Estos adicionales incluyen la ejecución de conexiones de redes de agua potable y alcantarillado, líneas de conducción, construcción de cámaras de bombeo y líneas de impulsión, conectores, reservorios y plantas de tratamiento de agua potable y residuales (Gobierno Regional de Pasco, 2015).
- En febrero del 2016, el Gobierno Regional aclaró la situación del proyecto, destacando que, durante los años 2013 y 2014, el Gobierno de Pasco había recibido S/. 113,969,902.00 (Gobierno Regional de Pasco, 2016).
- El Ministerio de Salud declaró en Emergencia Sanitaria los distritos de Simón Bolívar y Chaupimarca de la provincia de Cerro de Pasco mediante el DS N° 020-2017-SA, por la alta exposición a metales pesados (“Pasco: Minsa declara emergencia sanitaria en dos distritos por contaminación minera”, 2017).

- En julio del 2017, el Consejo Regional mediante el acuerdo N° 027-2017-GRP/CR solicitó la intervención inmediata y urgente de la Contraloría General de la República con la finalidad de que determine las posibles irregularidades del proyecto desde la fase de la elaboración hasta su ejecución. Cabe resaltar que el proyecto se encontraba en arbitraje (Colqui, 2017).
- En octubre del 2017, se reinició el proyecto bajo modalidad de administración directa (Dirección de Imagen Institucional, 2017).
- Según la Defensoría del Pueblo (2018) el proyecto “Mejoramiento y ampliación de los servicios de saneamiento y fortalecimiento institucional integral de la Emapa Pasco SA” ha afrontado diversos obstáculos y constantes paralizaciones desde el 2013. Asimismo, se detectó la ausencia de información actualizada sobre el avance físico y financiero del proyecto. También, se identificó que a pesar de que Emapa Pasco S.A. es la empresa prestadora del servicio, no cuenta con licencia de uso del agua de la laguna Acucocha debido a que la Compañía Minera Volcan posee dicha licencia desde el año 2000, lo cual ha ocasionado que Emapa Pasco S.A. firme un convenio con la empresa para extraer el agua; sin embargo, se generan diversas interrupciones en el servicio a causa de los cortes realizados por la minera.
- A través de la nota de prensa N° 180-2019, la Contraloría señaló que realizará una auditoría de cumplimiento a Emapa Pasco S.A. por las obras de mejoramiento y ampliación de los servicios de saneamiento en la ciudad de Cerro de Pasco que se encuentran paralizadas (Contraloría General de la República del Perú, 2019).
- Por otro lado, en agosto del 2019, según el coordinador general del proyecto, José Calzada, el proyecto culminaría el 21 de diciembre del 2019 (“Según su coordinador el proyecto integral de agua potable para Pasco se culminará para el 21 de diciembre”, 2019).
- El 22 de octubre del 2019, se abrió las compuertas para abastecer de agua a la población de Pasco producto de las mejoras realizadas como parte de la finalización del primer componente del proyecto (Gobierno Regional de Pasco, 2019). Sin embargo, tres días después, se identificó que el agua estaba contaminada puesto que contenía daphnias, más conocida como la pulga de agua. Además, el responsable de la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (Sunass) en Pasco, Alfredo Cotrado, señaló que el Gobierno Regional de Pasco debió tomar medidas preventivas antes de abastecer a la población con dicha agua contaminada. También, el Ministerio de Vivienda solicitó

a la Autoridad Local del Agua (ALA) en Pasco realizar un análisis de la cantidad de daphnias en el agua (Cruz, 2019).

De acuerdo con los acontecimientos mencionados, se puede deducir que el proyecto para mejorar el saneamiento en Cerro de Pasco ha sufrido diversas complicaciones que han dificultado su desarrollo. A pesar de que el proyecto inició en el 2013, aún no se puede confirmar la fecha exacta en que será implementado en su totalidad.

Por otro lado, una de las principales actividades en la provincia de Cerro de Pasco es la minería; a pesar de ser una gran fuente de ingresos para el país, se han presentado ciertos problemas entorno a esta. El 67.6% del total de conflictos activos en el Perú son del tipo socio ambiental; y 63% de estos están relacionados a la actividad minera (Defensoría del Pueblo, 2019). Es preciso señalar que, la contaminación del agua por metales pesados es una de las principales razones de conflicto en Cerro de Pasco. De acuerdo con “Cerro de Pasco: Residentes afectados por la contaminación”, (2018) la contaminación del agua por metales pesados no solo daña los ecosistemas, sino que afecta la salud y educación de la población.

A través de la Resolución Ministerial N° 979-2018/MINSA del Ministerio de Salud (Ministerio de Salud, 2018), se aprobó el documento técnico: lineamientos de política sectorial para la atención integral de la salud de las personas expuestas a metales pesados, metaloides y otras sustancias químicas, el cual concluye lo siguiente:

En el Perú, se ha identificado en el ambiente la presencia de metales pesados, metaloides y otras sustancias químicas, tales como: plomo, mercurio, aluminio, arsénico, magnesio, manganeso, hierro, cobre, cianuro, dióxido de azufre y ácido sulfúrico, además de los hidrocarburos, de los cuales se han documentado efectos en la salud de las personas por exposición aguda y crónica.

Las fuentes de exposición a metales pesados, metaloides y otras sustancias químicas pueden ser de origen natural y de origen antropogénico, que incluyen las actividades productivas y extractivas, sean formales o informales. En ese contexto, la ingestión de alimentos contaminados, exposición a suelos contaminados, inhalación de polvo y el agua contaminada han sido identificadas como importantes factores de exposición a estos elementos. (párr.1 y 2)

Es importante agregar que, las fuentes de contaminación: pasivos ambientales, unidades mineras activas, sitios contaminados, sitios impactados, unidades de producción de hidrocarburos, zonas de actividad minera ilegal e informal, ductos mineros u otros componentes de la mina y la presencia de metales pesados en el agua de consumo humano; están asociadas con la posibilidad de ocasionar contaminación al medio ambiente y consecuencias en la salud de las personas (Ministerio de Salud, 2018).

Sin importar la fuente de contaminación, el Ministerio de Salud (2017b) resalta que, el inadecuado saneamiento y el limitado acceso a agua segura están relacionados con la enfermedad diarreica aguda, la infección respiratoria aguda y la anemia, las cuales ocasionan un alto nivel de mortalidad.

A partir de dicha afirmación, se investigó el número de casos de dichas enfermedades en el departamento de Pasco. De acuerdo con el boletín epidemiológico del Centro Nacional de Epidemiología, Prevención y Control de Enfermedades del Ministerio de Salud (2019) no solo se ha incrementado el número de casos de enfermedades diarreicas agudas (EDAS) en Pasco con respecto al 2018 de 10906 a 11141; inclusive, se incremento el número de personas hospitalizadas de 56 a 155 en el mismo período; también, es preciso señalar que a pesar de que Pasco no es el departamento con la mayor cantidad de casos de EDAS, se encuentra entre los primeros (ver figura N° 1). Por otro lado, a pesar de que el número de casos de infecciones respiratorias agudas (IRA) con respecto al 2018 se redujo de 25269 a 22350, se han incrementado los casos de defunción por neumonía (ver figura N° 2). Finalmente, según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI, 2019) el 58.7% de niñas y niños de Pasco de 6 a 35 meses tienen anemia. Asimismo, es preciso señalar que no se encontró información de dichas enfermedades segregadas por nivel de provincia, distrito o comunidad campesina.

Departamento	Direcciones de Salud	2018							2019						
		Diarreas acuosas		Diarreas disentericas		Hospitali- zados	Defuncio- nes	Total EDAS	Diarreas acuosas		Diarreas disentericas		Hospitali- zados	Defuncio- nes	Total EDAS
		SE.29	Acumulado	SE.29	Acumulado				SE.29	Acumulado	SE.29	Acumulado			
Amazonas	Amazonas	490	14342	7	229	174	1	14571	544	14017	6	152	221	1	14169
Áncash	Áncash	742	27983	20	804	320	2	28787	846	29050	25	515	425	0	29565
Apurímac	Apurímac	296	7079	7	141	35	0	7220	199	6275	0	121	47	0	6396
	Chanka	101	2884	0	38	3	0	2922	123	3107	0	8	3	0	3115
Arequipa	Arequipa	1334	46178	12	891	464	1	47069	1199	51703	23	987	505	0	52690
Ayacucho	Ayacucho	593	11595	13	581	22	0	12176	360	10586	23	488	26	0	11074
Cajamarca	Cajamarca	251	8067	16	340	37	1	8407	126	4534	2	438	31	0	4972
	Chota	65	1897	0	34	0	0	1931	44	1641	1	48	2	1	1689
	Cutervo	100	2608	0	0	0	0	2608	78	2723	0	2	0	0	2725
	Jaén	309	8630	2	34	160	0	8664	301	7790	0	37	110	0	7827
Callao	Callao	881	30344	2	92	62	1	30436	886	33948	1	111	110	0	34059
Cusco	Cusco	833	25912	5	127	290	4	26039	814	20773	2	124	328	3	20897
Huancavelica	Huancavelica	358	11774	14	472	57	1	12246	434	12167	20	541	19	1	12708
Huánuco	Huánuco	839	19668	29	318	146	1	19986	682	19476	10	292	123	2	19768
Ica	Ica	257	12761	7	287	35	0	13048	278	14930	3	241	19	0	15171
Junín	Junín	685	17590	7	130	114	0	17720	682	19943	5	107	154	0	20050
La Libertad	La Libertad	949	34049	8	256	110	0	34305	1112	34093	7	285	90	0	34378
Lambayeque	Lambayeque	491	17858	6	143	180	0	18001	680	20003	3	261	254	0	20264
	Lima Región	743	28729	8	554	64	0	29283	682	29763	28	683	50	0	30446
	Diris Lima Centro	679	29158	41	1042	480	5	30200	760	32810	11	797	186	5	33607
Lima	Diris Lima Norte	975	38962	9	332	75	1	39294	936	43962	20	518	170	2	44480
	Diris Lima Este	936	44779	52	1858	294	3	46637	1023	42384	24	1815	379	7	44199
	Diris Lima Sur	600	25165	4	231	110	1	25396	892	27066	8	251	130	1	27317
Loreto	Loreto	1141	31189	140	3216	218	3	34405	727	29909	85	3119	203	6	33028
Madre de Dios	Madre de Dios	165	4639	0	133	104	0	4772	130	3959	8	181	78	0	4140
Moquegua	Moquegua	228	9396	3	118	59	0	9514	157	10176	6	100	95	0	10276
Pasco	Pasco	420	10742	1	164	56	0	10906	317	11007	5	134	155	0	11141
Piura	Luciano Castillo	362	14820	5	77	85	0	14897	314	13946	3	93	46	0	14039
	Piura	540	19122	3	163	155	0	19285	610	23378	6	160	175	0	23538
Puno	Puno	255	9185	3	97	179	3	9282	224	8805	4	135	166	1	8940
San Martín	San Martín	362	9627	22	537	18	0	10164	430	10476	11	513	28	1	10989
Tacna	Tacna	194	10922	0	61	27	0	10983	270	12782	1	31	0	0	12813
Tumbes	Tumbes	194	4914	2	6	54	0	4920	57	4910	0	0	223	0	4910
Ucayali	Ucayali	684	18747	63	1311	85	3	20058	716	20083	48	1159	39	10	21242
Perú		18052	611315	511	14817	4272	31	626132	17633	632175	399	14447	4590	41	646622

Figura 1: Enfermedades diarreicas en el Perú. Extraído de «Boletín epidemiológico del Perú», de Centro Nacional de Epidemiología, Prevención y Control de Enfermedades del Ministerio de Salud, 2019a

Departamento	Direcciones de Salud	2018						2019							
		IRAS (no neumonías)		Neumonías		Hospitali- zados	Defuncio- nes	Total IRAS	IRAS (no neumonías)		Neumonías		Hospitali- zados	Defuncio- nes	Total IRAS
		SE. 29	Acumulado	SE. 29	Acumulado				SE. 29	Acumulado	SE. 29	Acumulado			
Amazonas	Amazonas	1256	31203	15	351	53	4	31554	995	28026	15	335	83	7	28361
Áncash	Áncash	2226	56293	19	499	300	4	56792	2217	51323	19	395	200	2	51718
Apurímac	Apurímac	823	18989	10	145	73	2	19134	805	18781	7	121	56	1	18902
	Chanka	595	12897	10	108	5	0	13005	460	11412	1	91	8	3	11503
Arequipa	Arequipa	5535	102721	92	1096	650	3	103817	5478	99284	70	937	510	0	100221
Ayacucho	Ayacucho	1537	34500	16	262	142	9	34762	1225	29685	2	182	81	2	29867
Cajamarca	Cajamarca	971	27496	12	240	119	1	27736	579	19922	10	236	120	1	20158
	Chota	416	12501	1	46	12	0	12547	406	12349	3	140	56	0	12489
	Cutervo	299	7680	1	55	19	1	7735	228	6526	4	32	11	0	6558
	Jaén	784	19219	8	84	40	0	19303	584	16191	3	68	18	0	16259
Callao	Callao	2281	68710	27	487	157	3	69197	2277	63058	14	466	191	2	63524
Cusco	Cusco	3214	65801	62	805	334	28	66606	2630	54943	30	589	183	6	55532
Huancavelica	Huancavelica	1362	33658	8	165	85	4	33823	1134	28825	3	107	66	4	28932
Huánuco	Huánuco	1784	43665	38	777	198	13	44442	1433	39623	18	504	180	4	40127
Ica	Ica	1837	47429	15	232	65	1	47661	1545	44430	13	229	51	1	44659
Junín	Junín	2009	49929	19	448	357	18	50377	1895	49768	12	376	251	10	50144
La Libertad	La Libertad	3340	72224	36	493	209	8	72717	2530	69755	17	447	243	8	70202
Lambayeque	Lambayeque	2225	54517	13	271	50	0	54788	1430	53377	7	300	5	0	53677
	Lima Región	2190	62635	38	1125	429	2	63760	2128	56306	60	974	464	1	57280
	Diris Lima Centro	3048	82573	33	1514	635	10	84087	2454	69244	43	1098	345	5	70342
Lima	Diris Lima Norte	2584	75732	25	1050	164	5	76782	2402	74365	37	868	264	1	75233
	Diris Lima Este	2756	87374	75	1866	565	4	89240	2659	71462	75	1700	731	1	73162
	Diris Lima Sur	2455	68865	11	455	142	2	69320	2657	62812	13	315	108	3	63127
Loreto	Loreto	2464	65704	58	1412	417	24	67116	1431	59105	33	1259	299	13	60364
Madre de Dios	Madre de Dios	401	9429	5	173	84	0	9602	266	9270	3	159	73	0	9429
Moquegua	Moquegua	882	15934	5	77	46	1	16011	665	12467	11	82	50	0	12549
Pasco	Pasco	877	25031	5	238	135	4	25269	720	22170	3	180	89	5	22350
Piura	Luciano Castillo	1577	33375	13	284	155	3	33659	1017	30535	4	313	158	5	30848
	Piura	2046	51089	24	435	87	3	51524	1687	55607	10	447	110	2	56054
Puno	Puno	2448	47786	61	754	149	14	48540	2092	41622	26	610	149	4	42232
San Martín	San Martín	1427	30925	12	282	81	0	31207	942	29376	10	287	99	0	29663
Tacna	Tacna	1144	23403	0	47	10	1	23450	1000	20256	3	29	9	0	20285
Tumbes	Tumbes	379	10479	9	74	56	0	10553	199	9563	4	157	6	0	9720
Ucayali	Ucayali	2115	47247	55	917	174	11	48164	1305	46582	8	729	121	14	47311
Perú		61287	1497026	831	17270	6200	183	1514296	51475	1368020	591	14762	5388	105	1382782

Figura 2: Enfermedades respiratorias en el Perú. Extraído de «Boletín epidemiológico del Perú», de Centro Nacional de Epidemiología, Prevención y Control de Enfermedades del Ministerio de Salud, 2019a

A pesar de que no se puede determinar específicamente las causas de cada uno de los casos de enfermedades relacionadas con el inadecuado saneamiento y el limitado acceso a agua segura, la reducción de la exposición a las fuentes de contaminación ya mencionadas podrían reducir la cantidad de casos. Por otro lado, cabe resaltar que además de las enfermedades, se

debe analizar los casos de personas expuestas a metales pesados con la finalidad de reconocer el alcance de las fuentes de contaminación.

Según el Centro Nacional de Epidemiología, Prevención y Control de Enfermedades del Ministerio de Salud (2019b), desde el inicio del año 2019 hasta el 8 de junio del 2019, el número de casos de exposición a metales pesados en la provincia de Cerro de Pasco se eleva a 481. Además, el distrito de Simón Bolívar en la provincia de Cerro de Pasco tiene la mayor tasa de exposición de 9.47 por 1000 habitantes (ver figura N° 3). Por otra parte, los niños entre 0 a 11 años son los más expuestos dado que representan el 82.5% de los casos con una tasa de exposición de 17.4 (ver figura N° 4).

Distritos	Nº Casos expuestos	%	Tasa de exposición
Provincia de Pasco			
Chaupimarca	185	38.5	6.89
Yanacancha	158	32.8	5.03
Simon Bolivar	116	24.1	9.47
San Francisco de Asis de Yarusyacan	21	4.4	2.06
Paucartambo	1	0.2	0.04
Total	481	100	4.6

Figura 3: Casos expuestos a metales pesados y metaloides por distritos en Cerro de Pasco en el 2019. Extraído de «Vigilancia epidemiológica: exposición a metales pesados», de Centro Nacional de Epidemiología, Prevención y Control de Enfermedades del Ministerio de Salud, 2019b

Edad según etapas de vida	Nº casos expuestos	%	Tasa de Exposición por 1000 Hab.
Niños (0 - 11 años)	397	82.5	17.4
Adolescentes (12-17 años)	11	2.3	0.9
Joven (18-29 años)	52	10.8	2.1
Adulto (30-59 años)	21	4.4	0.5
Adulto mayor (60 a más años)	0	0.0	0.0
Total	481	100	4.6

Figura 4: Casos de exposición a metales pesados y metaloides según edad en Cerro de Pasco en el 2019. Extraído de «Vigilancia epidemiológica: exposición a metales pesados», de Centro Nacional de Epidemiología, Prevención y Control de Enfermedades del Ministerio de Salud, 2019b

Asimismo, el Centro Nacional de Epidemiología, Prevención y Control de Enfermedades del Ministerio de Salud (2019c) resalta que el departamento con mayor número de casos de exposición a metales pesados es Pasco con 52.51% del total (ver figura N° 5).

Departamentos	Casos expuestos Nº	%	Tasa de exposición por 1000 Hab
Pasco	3237	52.51	20.23
Callao	1623	26.33	2.88
Junin	626	10.16	16.62
Lima	291	4.72	3.05
Lambayeque	157	2.55	1.88
Ayacucho	78	1.27	2.48
Tacna	66	1.07	48.96
Ica	26	0.42	0.17
Ancash	22	0.36	0.16
Cusco	10	0.16	0.03
Huánuco	8	0.13	0.29
Arequipa	7	0.11	0.09
Madre de Dios	5	0.08	0.26
La Libertad	2	0.03	0.02
Piura	2	0.03	0.02
Cajamarca	1	0.02	0.02
Puno	1	0.02	0.07
Loreto	1	0.02	0.07
San Martín	1	0.02	0.05
Total General	6164	100.00	3.13

Figura 5: Notificación de casos expuestos a metales pesados. Perú 2018. Extraído de «Vigilancia epidemiológica: exposición a metales pesados», de Centro Nacional de Epidemiología, Prevención y Control de Enfermedades del Ministerio de Salud, 2019c

Según lo presentado en las figuras N° 3, 4 y 5 se puede concluir que el departamento de Pasco está altamente expuesto a metales pesados, siendo el distrito de Simón Bolívar en la provincia de Cerro de Pasco el más afectado; resaltando que los niños entre 0 a 11 años representan el mayor número de casos y la más alta tasa de exposición por edades.

Desafortunadamente, no se dispone de información confiable del número de casos de personas expuestas a metales pesados en la comunidad campesina de Yurajhuanca por tal motivo a partir de los datos del distrito de Simón Bolívar se estimará la tasa de exposición de la comunidad. Tomando en consideración que la tasa de exposición de la población del distrito de Simón Bolívar es igual a 9.47 cada 1000 personas, entonces si la comunidad campesina de Yurajhuanca tiene 525 habitantes, se puede estimar que la tasa de exposición será similar a 4.97.

Aproximadamente, el 90% de todos los niños y el 80% de todas las mujeres fértiles en Pasco tienen niveles peligrosos de plomo, mercurio, arsénico y otros metales pesados en sus cuerpos. Asimismo, muchas veces son las comunidades campesinas las más contaminadas; sin embargo, no siempre logran ser atendidas (Martínez, 2018).

Mediante el informe N°1595-2017/DCOVI/DIGESA, se evaluó la calidad del aire, suelo y agua de la provincia de Cerro de Pasco. Los resultados del monitoreo de calidad del aire presentaron niveles de concentración de material particulado por debajo del Estándar Nacional de Calidad Ambiental del Aire. Los resultados de monitoreo de calidad de suelo identificaron que los límites máximo permisibles de plomo, mercurio y arsénico son excedidos en varios distritos de la provincia. Y, por último, el monitoreo de la calidad del agua dio como resultado que ninguna localidad cuenta con agua apta para el consumo humano de acuerdo con el DS N° 031-2010- SA. Los parámetros que exceden los límites máximos permisibles son coliformes totales, coliformes fecales, organismos de vida libre, cloro residual, arsénico, turbiedad, hierro, aluminio y plomo (Dirección General de Salud Ambiental e Inocuidad alimentaria, 2017).

La empresa prestadora de servicios (EPS) Emapa Pasco S.A. es la encargada del sistema de agua potable y alcantarillado en los distritos de Chuapimarka, Yanacancha y Simón Bolívar. Esta cuenta con una Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP) en Yurajhuanca y dos captaciones de manantiales que en total alcanzan un caudal de 125 l/s (EPS Emapa Pasco SA,

2008). Para el abastecimiento de la PTAP se toman las aguas superficiales provenientes de la laguna Acucocha, las cuales son conducidas a través de un canal abierto de aproximadamente 25km.



Figura 6: Ubicación de PTAP Yurajhuanca. (Fuente Google Earth. Elaboración propia)



Figura 7: PTAP Yurajhuanca. (Fuente Google Earth. Elaboración propia)

A pesar de que cualquier PTAP debe cumplir con el Reglamento de la Calidad de Agua para Consumo Humano según el Decreto Supremo N° 031-2010- SA, la PTAP de Yurajhuanca no recibe la dosis óptima de coagulante en consecuencia no se reducen adecuadamente los parámetros que están fuera de los límites máximos permisibles (Galindo, 2018). En otras palabras, el agua distribuida por la PTAP no es apta para el consumo humano; sin embargo, muchas personas se ven obligadas a consumirla.

En febrero del 2019, la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (Sunass, 2019a) inspeccionó los procesos de tratamiento de agua, tomó muestras de agua al

ingreso y salida de la PTAP y reservorios. A pesar de que no se ha podido acceder a los resultados de la Sunass, el pasado 27 de setiembre del 2019, esta señaló que se rehabilitará la planta de tratamiento y se instalarán sistemas de cloración en los reservorios para garantizar la calidad del agua potable puesto que se encontró problemas en las unidades de floculación, decantación, filtración y cloración (Sunass, 2019b). Cabe resaltar que no se encontró denuncias o quejas formales ante alguna entidad fiscalizadora del Estado en contra de la EPS Emapa Pasco SA por la contaminación del agua.

Por otro lado, según los resultados del informe N°1595-2017/DCOVI/DIGESA, el agua extraída a la salida de la PTAP de Yurajhuanca evidencia organismos de vida libre por encima de los límites máximos permisibles. Sin embargo, se puede deducir que el agua se contamina aún más durante su distribución a las diversas localidades. En la IE N°34030 Raúl Porras Barrenechea de Yurajhuanca el agua extraída de los caños no solo presenta organismos de vida libre, sino también turbiedad, hierro, coliformes totales, coliformes fecales y cloro residual por encima de los límites máximos permisibles.

Los niños y profesores de la IE N°34030 Raúl Porras Barrenechea utilizan esta agua para su hidratación, lavado de utensilios de comida y aseo personal a pesar de su contaminación (ver figura N° 9). Cabe resaltar que dichas actividades no solo los exponen a contraer enfermedades o sufrir diversos malestares, sino que pueden afectar negativamente su rendimiento académico, por tal motivo la IE requiere urgentemente agua potable que cumpla con los límites permisibles del DS N°031-2010-SA.



Figura 8: Puerta principal de la Institución Educativa N° 34030 Raúl Porras Barrenechea.
(Elaboración propia)



Figura 9: Alumnos utilizando los caños de la IE N° 34030. (Elaboración propia)

Según el Ministerio de Educación (2019a) a través de la Evaluación Censal de Estudiantes (ECE) se identificó que, a nivel nacional, en los años 2016 y 2018, más del 30% de los alumnos de cuarto de primaria se encuentran en un nivel satisfactorio; es decir, el

estudiante logró los aprendizajes esperados y está preparado para afrontar los retos de aprendizaje del siguiente año (ver figura N° 10).

Lectura

Año	Resultados	Medida promedio	Nivel de logro			
			Previo al inicio	En inicio	En proceso	Satisfactorio
2016	NACIONAL	481	9.1 %	26.2 %	33.2 %	31.4 %
Año	Resultados	Medida promedio	Previo al inicio	En inicio	En proceso	Satisfactorio
2018	NACIONAL	482	10.1 %	24.2 %	30.9 %	34.8 %

Matemática

Año	Resultados	Medida promedio	Nivel de logro			
			Previo al inicio	En inicio	En proceso	Satisfactorio
2016	NACIONAL	467	10.7 %	22.5 %	41.6 %	25.2 %
Año	Resultados	Medida promedio	Previo al inicio	En inicio	En proceso	Satisfactorio
2018	NACIONAL	480	9.3 %	19.3 %	40.7 %	30.7 %

Figura 10: Resultados de ECE en el 2016 y 2018 a nivel nacional. Extraído de «Sistema de Consulta de Resultados de Evaluaciones», de Ministerio de Educación, 2019a

Según la figura N° 11, en el departamento de Pasco los resultados son similares ya que, tanto en lectura como en matemática, los alumnos con nivel de satisfactorio superan el 30%. Sin embargo, la situación es distinta cuando se revisa la situación de Pasco para el sector rural.

Lectura

Año	Resultados		Medida Promedio	Nivel de Logro			
				Previo al inicio	En inicio	En proceso	Satisfactorio
2016	DRE	DRE Pasco	472	10.6 %	28.0 %	32.8 %	28.7 %
2018	DRE	DRE Pasco	470	15.2 %	23.6 %	28.9 %	32.3 %

Matemática

Año	Resultados		Medida Promedio	Nivel de Logro			
				Previo al inicio	En inicio	En proceso	Satisfactorio
2016	DRE	DRE Pasco	469	12.0 %	20.7 %	40.0 %	27.4 %
2018	DRE	DRE Pasco	475	13.0 %	18.1 %	37.4 %	31.4 %

Figura 11: Resultados de ECE en el 2016 y 2018 en Pasco. Extraído de «Sistema de Consulta de Resultados de Evaluaciones», de Ministerio de Educación, 2019a

Con lo que respecta a la competencia de lectura, se observa una reducción en los resultados entre el 2016 y el 2018. Según la figura N° 12, más del 40% de los alumnos se

encuentran en la etapa previo al inicio, la cual significa que el estudiante no logró los aprendizajes necesarios para estar en el nivel en inicio en el 2018; a pesar de que, en el 2016 los resultados fueron mejores.

ÁREA

Año	Resultados		Rural				
			Media	Previo al inicio	En inicio	En proceso	Satisfactorio
2016	DRE	Pasco	414	27.4%	38.8%	21.9%	12.0%
2018	DRE	Pasco	394	41.5%	28.4%	16.9%	13.3%

Figura 12: Resultados de ECE - Lectura en el 2016 y 2018 en el ámbito rural en Pasco.

Extraído de «Sistema de Consulta de Resultados de Evaluaciones», de Ministerio de Educación, 2019a

Lamentablemente, la situación con respecto a la competencia de matemática es muy similar a la lectura ya que los resultados también se redujeron. Se puede deducir que hay más estudiantes con problemas de aprendizaje.

ÁREA

Año	Resultados		Rural				
			Media	Previo al inicio	En inicio	En proceso	Satisfactorio
2016	DRE	Pasco	409	32.8%	23.9%	31.4%	11.9%
2018	DRE	Pasco	396	39.1%	23.4%	26.0%	11.6%

Figura 13: Resultados de ECE – Matemática en el 2016 y 2018 en ámbito rural en Pasco.

Extraído de «Sistema de Consulta de Resultados de Evaluaciones», de Ministerio de Educación, 2019a

A partir de los resultados presentados se puede inferir de que existen diferentes aspectos tanto internos como externos que están afectando el aprendizaje de los alumnos en el ámbito rural en Pasco. Aunque el alcance de este trabajo de investigación no contempla identificar que aspectos están afectando la educación, según Fernández (2017), docente de Medicina de la Universidad de las Américas, el consumo de agua contaminada puede generar problemas de bajo rendimiento escolar. Asimismo, Navarro (2018) concuerda que los factores relacionados con la salud afectan desfavorablemente el rendimiento académico de los alumnos.

1.2. Formulación del Problema

1.2.1. Problema general

La calidad del agua potable en la Institución Educativa N° 34030 Raúl Porras Barrenechea influye en la salud de los alumnos y profesores

1.2.2. Problemas específicos

- La calidad del agua potable disponible en la Institución Educativa N°34030 Raúl Porras Barrenechea excede los límites máximos permisibles de los siguientes parámetros del DS N° 031-2010-SA: organismos de vida libre, turbiedad, hierro, coliformes totales, coliformes fecales y cloro residual.
- El consumo de agua contaminada puede transmitir diversas enfermedades a los alumnos y profesores.
- El rendimiento académico de los alumnos puede ser afectado por el consumo de agua contaminada.
- El abastecimiento de agua potable disponible en la Institución Educativa N°34030 Raúl Porras Barrenechea no garantiza su sostenibilidad.

1.3. Objetivos de la Investigación

1.3.1. Objetivo general

Mejorar la calidad del agua potable en la Institución Educativa N°34030 Raúl Porras Barrenechea mediante un sistema de purificación de agua que preserve la salud de los alumnos y profesores.

1.3.2. Objetivos específicos

- Sugerir un sistema de purificación de agua para la Institución Educativa N°34030 Raúl Porras Barrenechea que permita que los parámetros de calidad del agua observados se encuentren dentro de los límites permisibles del DS N°031-2010-SA.
- Identificar la frecuencia y síntomas de enfermedades que presentan los alumnos y profesores en la Institución Educativa N°34030 Raúl Porras Barrenechea

- Identificar el porcentaje de alumnos desaprobados en la Institución Educativa N°34030 Raúl Porras Barrenechea del 2016 al 2018
- Identificar los mecanismos necesarios para asegurar la sostenibilidad del sistema de purificación de agua para la Institución Educativa N°34030 Raúl Porras Barrenechea

1.4. Justificación de la Investigación

1.4.1. Teórica

El Banco Mundial (2017a) realizó una investigación en 18 países acerca del acceso al agua y saneamiento dando como resultado que el 75% de las personas que carecen de servicios de saneamiento decentes pertenecen a la zona rural y solo el 20% tienen acceso a agua apta para el consumo humano.

Aproximadamente 2.4 millones de muertes a nivel mundial podrían prevenirse si se contará con agua limpia y buen saneamiento. En los países en desarrollo, las enfermedades transmitidas por la ingesta de agua insalubre resultan ser una de las causas principales de mortalidad, siendo la más peligrosa la diarrea (Bartram & Cairncross, 2010).

El motivo de la ausencia de instalaciones de tratamiento de agua adecuadas en los países en desarrollo es la falta de disponibilidad de fondos para financiar la descontaminación. Esto, a su vez, reduce la cantidad de agua limpia disponible para el consumo humano, la agricultura y otros fines industriales; y detiene el crecimiento social y económico de un país (Dakkak, 2016).

La Autoridad Nacional del Agua & el Ministerio de Agricultura y Riego (s.f.) señalan que, a pesar de que existe abundante agua superficial disponible en el país, esta no está apta para utilizarse en ciertas regiones del país por varias razones:

- Las aguas residuales domésticas están deficientemente tratadas por ausencia de sistemas de tratamiento o por mala gestión de estas.
- Muchos de los efluentes provenientes de industrias extractivas son descargados en los ríos sin ningún tratamiento previo o con un tratamiento ineficiente.

- La explotación aurífera amazónica remueve millones de metros cúbicos de tierra, arena, gravas y lechos contaminan los ríos con sedimentos, mercurio, cianuro, entre otros.
- La explotación de petróleo genera grandes cantidades de agua salobre y otros contaminantes como hidrocarburos, metales pesados, CO₂ y arsénicos.
- Los antiguos pasivos ambientales contaminan los ríos limítrofes.
- La extracción de áridos en los ríos producto del aumento de las edificaciones causa graves problemas tanto en la morfología de los cauces como en el aporte de sólidos.
- La contaminación por agroquímicos derivada de la agricultura utiliza pesticidas y fertilizantes.
- La deforestación produce una gran cantidad de sólidos que terminan contaminando los ríos.
- El sobrepastoreo influye en la calidad del agua cuando los excrementos procedentes del ganado se encuentran dentro de las aguas limítrofes.

Asimismo, el Instituto Nacional de Estadística e Informática (2018b) menciona que, la baja calidad del agua es producto de la alta concentración de elementos químicos, físicos y biológicos. No obstante, señala que la causa principal de la contaminación es el vertimiento de relaves mineros, aguas residuales domésticas e industriales.

A pesar de la contaminación de las aguas superficiales, cualquier planta de tratamiento de agua potable (PTAP) debe ser capaz de remover todos los parámetros que contaminan el agua antes de que esta sea distribuida. Al contrario, no es el caso de la PTAP de Yurajhuanca puesto que el agua de salida esta contaminada, e inclusive, se contamina aún más durante la distribución. Cabe resaltar que la población de Yurajhuanca es consciente de la insalubridad del agua que obtienen en sus hogares por ende diariamente recorren grandes distancias para acceder a una fuente alternativa de agua que consideran potable a pesar de que no cuentan con estudios ambientales sobre la calidad ni el origen de esta.



Figura 14: Fuente de abastecimiento de agua alternativa (ojo de agua). (Elaboración propia)



Figura 15: Camino al ojo de agua de la comunidad campesina de Yurajhuanca. (Elaboración propia)



Figura 16: Ubicación del ojo de agua de la comunidad campesina de Yurajhuanca.

(Fuente Google Earth. Elaboración propia)

Este trabajo de investigación busca dar solución al grave problema que enfrenta la IE N° 34030 Raúl Porras Barrenechea en Yurajhuanca, es por este motivo que se tiene como finalidad ofrecer una alternativa sostenible que asegure la calidad del agua. Además, se pretende enriquecer investigaciones pasadas sobre la contaminación del agua, al estudiar la situación problemática de una comunidad campesina poco conocida y ayudada en el país.



Figura 17: Fachada panorámica de la Institución Educativa N°34030. (Elaboración propia)

1.4.2. Práctica

La investigación pretende mejorar la calidad del agua potable en la IE N°34030 Raúl Porras Barrenechea a través de un sistema de purificación de agua que ayude a preservar la salud de los alumnos y profesores. Es preciso señalar que la opción para la IE N°34030 Raúl Porras Barrenechea ha sido realizada evaluando los cinco tipos de sostenibilidad: institucional, social, económica, ambiental y tecnológica. Una de las ventajas de esta opción es que funcionará con la energía eléctrica renovable: energía solar y la energía cinética.

Asimismo, con la finalidad de que la presente investigación contribuya con el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda 2030 de la Organización de las Naciones Unidas, la investigación esta enfocada en tres ODS: salud y bienestar (ODS N° 3), educación de calidad (ODS N° 4), y agua limpia y saneamiento (ODS N° 6). Se espera que, al mejorar la calidad del agua de la Institución Educativa, los alumnos tendrían menor probabilidad de enfermarse y así podrían tener un mejor rendimiento académico.

Lo más importante sobre el desarrollo de esta alternativa para la calidad del agua potable es que será un referente para las demás comunidades campesinas de la zona que sufren los mismos problemas. Se espera que dichas comunidades al igual que Yurajhuanca, se comprometan activamente a mejorar su calidad de vida.

1.4.3. Metodológica

Con la finalidad de lograr los objetivos del estudio se han definido seis fases a seguir para el desarrollo de la solución tomando en consideración la Norma Técnica Os.020 para Plantas de Tratamiento de Agua para Consumo Humano del Reglamento Nacional de Edificaciones del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, y las buenas prácticas. Principalmente, se recolectará información que permita comprender la situación actual de la Institución Educativa en estudio. Posteriormente, se diseñará el sistema de purificación de agua con el cual se desarrollará un sistema piloto para evaluar la eficiencia y eficacia de este para potabilizar el agua. Finalmente, se establecerán mecanismos para mantener su operatividad.

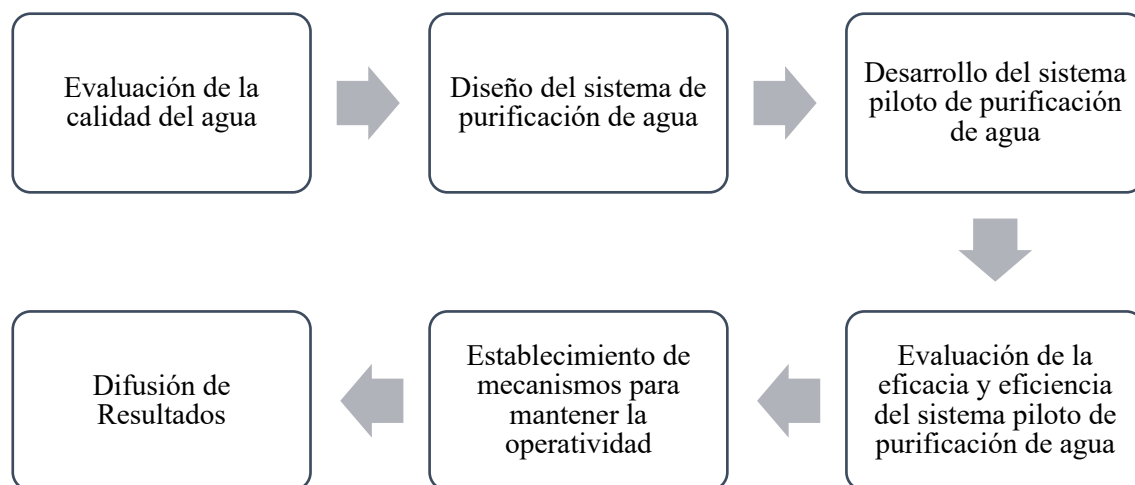


Figura 18: Metodología del proyecto. (Elaboración propia)

1.5. Delimitación del estudio

La investigación se centra en mejorar la calidad del agua potable de la IE N°34030 Raúl Porras Barrenechea, de la localidad de Yurajhuanca en el distrito de Simón Bolívar de la provincia de Cerro de Pasco perteneciente al departamento de Pasco, mediante un sistema de purificación de agua.

En esta oportunidad, a través del sistema piloto se identifica si el sistema propuesto para la IE N°34030 Raúl Porras Barrenechea cumple con el objetivo general del presente trabajo. Por otro lado, es preciso señalar que no se implementará el sistema de purificación de agua en la IE debido a que no se cuenta con los recursos necesarios para esto.

Además, no se analizan las causas de los síntomas de enfermedades detectados ni tampoco los aspectos que han influenciado a que los alumnos desapruében.

Capítulo II: Marco Teórico

2.1. Antecedentes de la Investigación

2.1.1. Tesis relacionadas

- El carbón de 12 x 20 de Ecuacarbones y el carbón de LIFE tienen un porcentaje de remoción de cloro del 98%. Adicionalmente, señala que la descloración es mejor cuando la malla del carbón tiene menor micraje ya que su capacidad de adsorción química se incrementa. Por otro lado, identifica que el caudal y el tiempo de operación son inversamente proporcional, es decir si el tamaño del caudal se duplica, el tiempo se reduce a la mitad. Además, resalta que un menor caudal causa una menor velocidad de flujo; sin embargo, el tiempo de contacto entre el agua y el carbón es mayor obteniendo un resultado más eficiente. Finalmente, recomienda utilizar la combinación de un filtro de arena y un filtro de carbón activado resaltando la importancia de la utilización de mallas ultrafinas (Noboa, 2008).
- Rossi (2017) señala que el filtro hecho de ceniza de cascarilla de arroz, carbón activado, algodón, piedra pómez y raíces de pasto alcanza una remoción de turbidez de 99.97% sin la adición de ningún floculante. Además, no requiere estudios especializados para su uso y es de bajo costo. El tratamiento del filtro es físico más no químico, en otras palabras, la calidad del agua obtenida dependerá de los parámetros analizados. Cabe resaltar que no remueve cadmio, plomo, arsénico, boro, manganeso y similares.
- Álvarez y Rado (2013) señalan que el intercambio iónico es efectivo para el ablandamiento de agua puesto que da un resultado de 0 ppm de carbonato de calcio. Adicionalmente, se determinó que el equipo ósmosis inversa es efectivo para dicho ablandamiento.
- Alegría (2013) menciona que con la ejecución del proyecto de ampliación y mejora del sistema de agua potable beneficiará a 48694 habitantes. Entre los beneficios destacan: disminución de casos de enfermedades gastrointestinales y parasitosis, y la mejora de la calidad de vida de la población de Bagua Grande. También, señala que el mejor medio filtrante es la arena con una tasa de filtración de 144 m³/ día.

- Arana (2016) señala que los filtros de carbón activado granular evaluados tienen un nivel de remoción de turbidez de hasta 80%. Asimismo, menciona que para lograr que el carbón activado influya en el nivel de remoción de partículas, este debe estar acompañado de un medio base para evitar que las partículas penetren el carbón y se conviertan en parte del efluente. Igualmente, resalta que no se puede aplicar este tipo de filtro para agua con turbiedad por encima de 1 UNT ya que la gran cantidad de partículas obstruirían la capacidad de adsorción de materia orgánica.
- Después de la aplicación de los filtros de arena verde y carbón activado, el agua logró ser apta para el consumo humano. Asimismo, no solo se redujo las concentraciones de hierro y manganeso, sino que también se disminuyó la concentración de turbidez. Por otro lado, se logró la reducción del manganeso por medio de la arena verde en 97.37%, y se alcanzó a reducir el hierro a 0.03 ppm (Castañeda, 2004).
- Ávila y Moreno (2016) mencionan que el agua de los tanques de reserva de la población de San Antonio de Anapoima contenía parámetros fuera de los valores máximo-permitidos: coliformes totales, escherichia coli, calcio, cloro residual y dureza. Con el motivo de removerlos, se utilizó como medios filtrantes principales: la zeolita y el carbón activado. Luego del tratamiento, se logró que el agua cumpliera con 20 de los 23 parámetros observados resaltando que el cambio de fuente hídrica afectó el cumplimiento de todos los parámetros.

2.1.2. Artículos relacionados

- OHorizons (2017) señala que el purificador de agua adecuado para los países de tercer mundo es aquel que no necesite energía eléctrica y utilice materiales disponibles en el lugar. El sistema se denomina BioSand Filter (BSF), el cual utiliza microorganismos que se alimentan de las bacterias dañinas para el cuerpo humano. Cabe resaltar que el sistema puede ser construido con concreto y podría funcionar por aproximadamente 20 años.
- Los organismos biológicos están compuestos por los helmintos y los organismos de vida libre. Además, los organismos de vida libre influyen la turbiedad, el color, olor y sabor del agua. Asimismo, se considera que con una concentración de cloro residual

de 0.5 mg/L y una hora de contacto, se remueven los organismos biológicos (“Calidad del agua”, s.f.).

- Torres y Villanueva (2014) aseguran que la eficiencia de filtración depende del nivel de remoción de contaminantes resaltando que es fundamental realizar un monitoreo constante. Por otro lado, señalan la importancia del dimensionamiento hidráulico puesto que afecta los caudales del sistema y la retención del agua. Tomando en consideración lo anterior, es necesario diseñar el sistema considerando un flujo constante para identificar la velocidad de filtración y las demás características del sistema.
- Con solo una hora de uso se puede generar energía para una pequeña vivienda a través de un sistema de pedaleo que convierte la energía cinética en energía eléctrica. Esta última es almacenada en una batería para satisfacer las necesidades básicas de una familia. Este sistema se conoce como Free electric, una bicicleta que fue diseñada para otorgar energía de manera sostenible (EcoInventos, 2018).
- Gil, López, Medina y Torres (2015) aseguran que a través de una bicicleta estática es posible generar energía auto sostenible dado a su bajo costo y la promoción de actividad física. También, mencionan los materiales necesarios para su elaboración: bicicleta estática, alternador, convertidor de energía y batería de automóvil.
- Cruz (2017) señala que una alternativa para la purificación de agua es el aprovechamiento de la energía generada por una bicicleta. Se ha calculado que se requiere 30 bicicletas para purificar 4000 litros de agua por día.

Tabla 1: Resumen de los antecedentes de la investigación

Autor	Resumen
Alegría (2013)	Beneficios del proyecto del sistema de agua: disminución de casos de enfermedades gastrointestinales y parasitosis, y la mejora de la calidad de vida de la población.

Álvarez y Rado (2013)	El intercambio iónico da un resultado de 0 ppm de carbonato de calcio.
Arana (2016)	Los filtros de carbón activado granular tienen un nivel de remoción de turbidez de hasta 80%.
Ávila y Moreno (2016)	La zeolita y el carbón activado lograron que el agua cumpliera con 20 de los 23 parámetros observados.
“Calidad del agua” (s.f.)	Una concentración de cloro residual de 0.5 mg/L y una hora de contacto, remueven los organismos biológicos.
Castañeda (2004)	Los filtros de arena verde y carbón activado redujeron las concentraciones de hierro y manganeso y turbiedad.
Cruz (2017)	Una alternativa para la purificación de agua es el aprovechamiento de la energía generada por una bicicleta.
EcoInventos (2018)	A través de un sistema de pedaleo, se puede generar energía para una pequeña vivienda.
Gil, López, Medina y Torres (2015)	Es posible generar energía auto sostenible a través de una bicicleta dado a su bajo costo y la promoción de actividad física.
Noboa (2008)	A menor micraje de la malla de carbón, la adsorción química se incrementa. Por ejemplo, el carbón de 12 x 20 de Ecuacarbones y el carbón de LIFE tienen un porcentaje de remoción de cloro del 98%.
OHorizons (2017)	El purificador de agua adecuado para los países de tercer mundo es aquel que no necesite energía eléctrica y utilice materiales disponibles en el lugar.
Rossi (2017)	El filtro hecho de ceniza de cascarilla de arroz, carbón activado, algodón, piedra pómez y raíces de pasto remueve el 99.97% de turbiedad.
Torres y Villanueva (2014)	La eficiencia de filtración depende del nivel de remoción de contaminantes.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Agua de consumo humano

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2018a) se define el agua de consumo humano como aquella que al ser consumida no ocasiona ningún riesgo para la salud. Por otra parte, no se limita la utilidad de esta agua al consumo, sino que también se requiere para el uso doméstico: la higiene personal y la preparación de alimentos.

En el Perú se utiliza el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano (DS N°031-2010- SA) con la finalidad de proteger y promover la salud y bienestar de la población a través de la gestión adecuada de la calidad del agua. Según el Decreto Supremo N°031-2010-SA del Ministerio de Salud (2010), se consideran cuatro grupos de parámetros para determinar la calidad del agua. En otras palabras, si el agua es apta para el consumo o no. Los grupos de parámetros son: microbiológicos y parasitológicos, químicos inorgánicos y orgánicos, radiactivos y calidad organoléptica (Ministerio de Salud, 2010).

2.2.1.1. Microbiológicos y parasitológicos

Las enfermedades causadas por microbios, bacterias, virus y parásitos patógenos son el mayor riesgo a la salud pública asociado al agua. Estos pueden transmitirse a través del agua por medio de la ingestión, inhalación y aspiración; y contacto (OMS, 2018a). A continuación, se presenta una tabla comparativa de los agentes patógenos transmitidos a través del agua potable:

Agente patógeno	Tipo de especie/género/grupo ^b	Importancia para la salud ^c	Persistencia en el suministro de agua ^d	Resistencia al cloro ^e	Infectividad relativa ^f	Fuente animal importante
Bacterias						
<i>Burkholderia</i>	<i>B. pseudomallei</i>	Alta	Puede multiplicarse	Baja	Baja	No
<i>Campylobacter</i>	<i>C. coli</i> <i>C. jejuni</i>	Alta	Moderada	Baja	Moderada	Sí
<i>Escherichia coli</i> – diarrogénica ^g		Alta	Moderada	Baja	Baja	Sí
<i>E. coli</i> – enterohemorrágica	<i>E. coli</i> O157	Alta	Moderada	Baja	Alta	Sí
<i>Francisella</i>	<i>F. tularensis</i>	Alta	Larga	Moderada	Alta	Sí
<i>Legionella</i>	<i>L. pneumophila</i>	Alta	Puede multiplicarse	Baja	Moderada	No
Micobacteria (no tuberculosa)	<i>Mycobacterium avium complex</i>	Baja	Puede multiplicarse	Alta	Baja	No
<i>Salmonella typhi</i>		Alta	Moderada	Baja	Baja	No
Otras <i>Salmonellas</i>	<i>S. enterica</i> <i>S. bongori</i>	Alta	Puede multiplicarse	Baja	Baja	Sí
<i>Shigella</i>	<i>S. dysenteriae</i>	Alta	Corta	Baja	Alta	No
<i>Vibrio</i>	<i>V. cholerae</i> O1 y O139	Alta	Corta a larga ^h	Baja	Baja	No
Virus						
Adenoviridae	Adenovirus	Moderada	Larga	Moderada	Alta	No
Astroviridae	Astrovirus	Moderada	Larga	Moderada	Alta	No
Caliciviridae	Norovirus, Sapovirus	Alta	Larga	Moderada	Alta	Potencialmente
Hepeviridae	Virus de la hepatitis E	Alta	Larga	Moderada	Alta	Potencialmente
Picornaviridae	Enterovirus, Parvovirus, Virus de la hepatitis A	Alta	Larga	Moderada	Alta	No
Reoviridae	Rotavirus	Alta	Larga	Moderada	Alta	No
Protozoos						
<i>Acanthamoeba</i>	<i>A. culbertsoni</i>	Alta	Puede multiplicarse	Alta	Alta	No
<i>Cryptosporidium</i>	<i>C. hominis/parvum</i>	Alta	Larga	Alta	Alta	Sí
<i>Cyclospora</i>	<i>C. cayetanensis</i>	Alta	Larga	Alta	Alta	No
<i>Entamoeba</i>	<i>E. histolytica</i>	Alta	Moderada	Alta	Alta	No
<i>Giardia</i>	<i>G. intestinalis</i>	Alta	Moderada	Alta	Alta	Sí
<i>Naegleria</i>	<i>N. fowleri</i>	Alta	Puede multiplicarse	Baja	Moderada	No
Helmitos						
<i>Dracunculus</i>	<i>D. medinensis</i>	Alta	Moderada	Moderada	Alta	No

Figura 19: Agentes patógenos transmitidos a través del agua potable. Extraído de «Guías para la calidad del agua de consumo humano: cuarta edición que incorpora la primera adenda», de Organización Mundial de la Salud, 2018a

Seguidamente, se explican algunos de los parámetros más importantes para la calidad del agua:

- Escherichia Coli

Según la Organización Mundial de la Salud (2018b)

“*Escherichia coli* (*E. coli*) es una bacteria que se encuentra normalmente en el intestino del ser humano y de los animales de sangre caliente. La mayoría de las cepas de *E. coli* son inofensivas. Sin embargo algunas de ellas, como *E. coliprodutora* de toxina Shiga, pueden causar graves enfermedades a través de los alimentos. La bacteria se transmite al hombre principalmente por el consumo de alimentos contaminados, como productos de carne picada cruda o poco cocida, leche cruda, y hortalizas y semillas germinadas crudas contaminadas.” (párr. 1)

- Virus

Según la Organización Mundial de la Salud (2018a)

“La mayoría de los virus asociados con la transmisión por el agua son los que pueden infectar el aparato digestivo y son excretados en las heces de las personas infectadas (virus entéricos) (...). Hay muy diversos tipos de virus que pueden ocasionar muy diversas infecciones y síntomas, con diferentes vías de transmisión, vías y lugares de infección y vías de excreción” (p. 300)

- Organismos de vida libre

Bajo condiciones normales, los organismos de vida libre no son perjudiciales cuando se encuentran en las aguas superficiales. Sin embargo, cuando su concentración altera la calidad del agua pueden causar problemas en las plantas de tratamiento de agua (Aurazo, 2004). Algunos ejemplos de organismos de vida libre son los hongos, algas, nemátodos, etc. Estos pueden interferir en la turbiedad del efluente de cualquier planta de tratamiento (Argueta, s.f.).

LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICOS

Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Bacterias Coliformes Totales.	UFC/100 mL a 35°C	0 (*)
2. E. Coli	UFC/100 mL a 44,5°C	0 (*)
3. Bacterias Coliformes Termotolerantes o Fecales.	UFC/100 mL a 44,5°C	0 (*)
4. Bacterias Heterotróficas	UFC/mL a 35°C	500
5. Huevos y larvas de Helmintos, quistes y ooquistes de protozoarios patógenos.	Nº org/L	0
6. Virus	UFC / mL	0
7. Organismos de vida libre, como algas, protozoarios, copépodos, rotíferos, nemátodos en todos sus estadios evolutivos	Nº org/L	0

UFC = Unidad formadora de colonias

(*) En caso de analizar por la técnica del NMP por tubos múltiples = < 1.8 /100 ml

Figura 20: Límites máximos permisibles de parámetros microbiológicos y parasitológicos.

Extraído de «Aprueban reglamento de la calidad del agua para consumo humano», de Ministerio de Salud, 2010

2.2.1.2. *Químicos inorgánicos y orgánicos*

Si se expone a una persona por un prolongado tiempo a contaminantes químicos, ocasionará graves consecuencias a su salud. Para determinar el valor de ingesta diaria tolerable (IDT) de estas, se utiliza la siguiente ecuación (OMS, 2018a).

$$IDT = \frac{DSEAO \text{ o } DMEAO \text{ o } LCIDR}{FI \text{ y/o } FAESQ} \dots\dots\dots (1)$$

Donde:

DSEAO = dosis sin efecto adverso observado

DMEAO = dosis mínima con efecto adverso observado

LCIDR = límite de confianza inferior sobre la dosis de referencia

FI = factor de incertidumbre

FAESQ = factor de ajuste para sustancias químicas específicas

Se considera la IDT como una estimación de la sustancia presente en el agua o alimentos que se puede ingerir sin riesgo para la salud durante toda la vida.

A continuación, se explican algunos de los parámetros químicos más importantes para la calidad del agua:

- **Arsénico**

La exposición al arsénico puede causar intoxicación crónica sin importar el medio de transmisión. Los primeros síntomas de intoxicación se pueden observar en la piel: lesiones, callosidades, cambios de pigmentación, entre otros (OMS, 2018a).

- **Mercurio**

El mercurio es un contaminante altamente tóxico que afecta el sistema nervioso, inmunológico y digestivo. Existen dos grupos de personas vulnerables ante los altos efectos del mercurio: los fetos debido a que el consumo de mercurio puede dañar tanto el cerebro como su sistema nervioso; y las personas que están altamente expuestas, se sabe que puede ocasionar retraso mental (OMS, 2017).

- **Plomo**

Los niños son los más vulnerables a la exposición al plomo ya que puede afectar gravemente el desarrollo del cerebro y el sistema nervioso. También, es altamente perjudicial para las embarazadas puesto que puede ocasionar la muerte del feto (OMS, 2018a).

- **Cloro**

Generalmente, las personas pueden darse cuenta cuando el agua tiene altos niveles de cloro por medio del olfato o el gusto (OMS, 2018a).

- Aceites y grasas

Se reconocen los aceites y grasas como compuestos orgánicos que tienen poca solubilidad en el agua por tal motivo pueden acumularse en la superficie (Toapanta, s.f.).

LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARÁMETROS QUÍMICOS INORGÁNICOS Y ORGÁNICOS

Parámetros Inorgánicos	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Antimonio	mg Sb L ⁻¹	0,020
2. Arsénico (nota 1)	mg As L ⁻¹	0,010
3. Bario	mg Ba L ⁻¹	0,700
4. Boro	mg B L ⁻¹	1,500
5. Cadmio	mg Cd L ⁻¹	0,003
6. Cianuro	mg CN ⁻ L ⁻¹	0,070
7. Cloro (nota 2)	mg L ⁻¹	5
8. Clorito	mg L ⁻¹	0,7
9. Clorato	mg L ⁻¹	0,7
10. Cromo total	mg Cr L ⁻¹	0,050
11. Flúor	mg F L ⁻¹	1,000
12. Mercurio	mg Hg L ⁻¹	0,001
13. Niquel	mg Ni L ⁻¹	0,020
14. Nitratos	mg NO ₃ L ⁻¹	50,00
15. Nitritos	mg NO ₂ L ⁻¹	3,00 Exposición corta 0,20 Exposición larga
16. Plomo	mg Pb L ⁻¹	0,010
17. Selenio	mg Se L ⁻¹	0,010
18. Molibdeno	mg Mo L ⁻¹	0,07
19. Uranio	mg U L ⁻¹	0,015
Parámetros Orgánicos	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Trihalometanos totales (nota 3)		1,00
2. Hidrocarburo disuelto o emulsionado; aceite mineral	mgL ⁻¹	0,01
3. Aceites y grasas	mgL ⁻¹	0,5
4. Alacloro	mgL ⁻¹	0,020
5. Aldicarb	mgL ⁻¹	0,010
6. Aldrín y dieldrín	mgL ⁻¹	0,00003
7. Benceno	mgL ⁻¹	0,010
8. Clordano (total de isómeros)	mgL ⁻¹	0,0002
9. DDT (total de isómeros)	mgL ⁻¹	0,001
10. Endrín	mgL ⁻¹	0,0006
11. Gamma HCH (lindano)	mgL ⁻¹	0,002
12. Hexaclorobenceno	mgL ⁻¹	0,001
13. Heptacloro y heptacloroepóxido	mgL ⁻¹	0,00003
14. Metoxicloro	mgL ⁻¹	0,020
15. Pentaclorofenol	mgL ⁻¹	0,009
16. 2,4-D	mgL ⁻¹	0,030
17. Acrilamida	mgL ⁻¹	0,0005
18. Epiclorhidrina	mgL ⁻¹	0,0004
19. Cloruro de vinilo	mgL ⁻¹	0,0003
20. Benzopireno	mgL ⁻¹	0,0007
21. 1,2-dicloroetano	mgL ⁻¹	0,03
22. Tetracloroetano	mgL ⁻¹	0,04

Figura 21: Límites máximos permisibles de parámetros químicos inorgánicos y orgánicos - Parte I. Extraído de «Aprueban reglamento de la calidad del agua para consumo humano», de Ministerio de Salud, 2010

Parámetros Orgánicos	Unidad de medida	Límite máximo permisible
23. Monocloramina	mgL ⁻¹	3
24. Tricloroetano	mgL ⁻¹	0,07
25. Tetracloruro de carbono	mgL ⁻¹	0,004
26. Ftalato de di (2-etilhexilo)	mgL ⁻¹	0,008
27. 1,2- Diclorobenceno	mgL ⁻¹	1
28. 1,4- Diclorobenceno	mgL ⁻¹	0,3
29. 1,1- Dicloroetano	mgL ⁻¹	0,03
30. 1,2- Dicloroetano	mgL ⁻¹	0,05
31. Diclorometano	mgL ⁻¹	0,02
32. Ácido edético (EDTA)	mgL ⁻¹	0,6
33. Etilbenceno	mgL ⁻¹	0,3
34. Hexaclorobutadieno	mgL ⁻¹	0,0006
35. Acido Nitrilotriacético	mgL ⁻¹	0,2
36. Estireno	mgL ⁻¹	0,02
37. Tolueno	mgL ⁻¹	0,7
38. Xileno	mgL ⁻¹	0,5
39. Atrazina	mgL ⁻¹	0,002
40. Carbofurano	mgL ⁻¹	0,007
41. Clorotoluron	mgL ⁻¹	0,03
42. Cianazina	mgL ⁻¹	0,0006
43. 2,4- DB	mgL ⁻¹	0,09
44. 1,2- Dibromo-3- Cloropropano	mgL ⁻¹	0,001
45. 1,2- Dibromoetano	mgL ⁻¹	0,0004
46. 1,2- Dicloropropano (1,2- DCP)	mgL ⁻¹	0,04
47. 1,3- Dicloropropeno	mgL ⁻¹	0,02
48. Dicloroprop	mgL ⁻¹	0,1
49. Dimetato	mgL ⁻¹	0,006
50. Fenoprop	mgL ⁻¹	0,009
51. Isoproturon	mgL ⁻¹	0,009
52. MCPA	mgL ⁻¹	0,002
53. Mecoprop	mgL ⁻¹	0,01
54. Metolaclo	mgL ⁻¹	0,01
55. Molinato	mgL ⁻¹	0,006
56. Pendimetalina	mgL ⁻¹	0,02
57. Simazina	mgL ⁻¹	0,002
58. 2,4,5- T	mgL ⁻¹	0,009
59. Terbutilazina	mgL ⁻¹	0,007
60. Trifluralina	mgL ⁻¹	0,02
61. Cloropirifos	mgL ⁻¹	0,03
62. Piriproxifeno	mgL ⁻¹	0,3
63. Microcistin-LR	mgL ⁻¹	0,001

Figura 22: Límites máximos permisibles de parámetros químicos inorgánicos y orgánicos - Parte II. Extraído de «Aprueban reglamento de la calidad del agua para consumo humano», de Ministerio de Salud, 2010

Parámetros Orgánicos	Unidad de medida	Límite máximo permisible
64. Bromato	mgL ⁻¹	0,01
65. Bromodiclorometano	mgL ⁻¹	0,06
66. Bromoformo	mgL ⁻¹	0,1
67. Hidrato de cloral (tricloroacetaldehído)	mgL ⁻¹	0,01
68. Cloroformo	mgL ⁻¹	0,2
69. Cloruro de cianógeno (como CN)	mgL ⁻¹	0,07
70. Dibromoacetónitrilo	mgL ⁻¹	0,1
71. Dibromoclorometano	mgL ⁻¹	0,05
72. Dicloroacetato	mgL ⁻¹	0,02
73. Dicloroacetónitrilo	mgL ⁻¹	0,9
74. Formaldehído	mgL ⁻¹	0,02
75. Monocloroacetato	mgL ⁻¹	0,2
76. Tricloroacetato	mgL ⁻¹	0,2
77. 2,4,6- Triclorofenol		

Nota 1: En caso de los sistemas existentes se establecerá en los Planes de Adecuación Sanitaria el plazo para lograr el límite máximo permisible para el arsénico de 0,010 mgL⁻¹.

Nota 2: Para una desinfección eficaz en las redes de distribución la concentración residual libre de cloro no debe ser menor de 0,5 mgL⁻¹.

Nota 3: La suma de los cocientes de la concentración de cada uno de los parámetros (Cloroformo, Dibromoclorometano, Bromodiclorometano y Bromoformo) con respecto a sus límites máximos permisibles no deberá exceder el valor de 1,00 de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$\frac{C_{\text{cloroformo}}}{LMP_{\text{cloroformo}}} + \frac{C_{\text{Dibromoclorometano}}}{LMP_{\text{Dibromoclorometano}}} + \frac{C_{\text{Bromodiclorometano}}}{LMP_{\text{Bromodiclorometano}}} + \frac{C_{\text{Bromoformo}}}{LMP_{\text{Bromoformo}}} \leq 1$$

donde, C: concentración en mg/L, y LMP: límite máximo permisible en mg/L

Figura 23: Límites máximos permisibles de parámetros químicos inorgánicos y orgánicos – Parte III. Extraído de «Aprueban reglamento de la calidad del agua para consumo humano», de Ministerio de Salud, 2010

2.2.1.3. Radiactivos

Bajo condiciones normales, la exposición a radionúclidos es muy pequeña en el agua de consumo. Cuando el nivel de actividad de alfa total es de 0.5 Bq/l y el nivel de actividad beta total es de 1.0 Bq/l, no se requiere ninguna acción. Sin embargo, en el caso de que el nivel de actividad sea mayor puede generar cáncer en las personas expuestos por lo cual es necesario mayores análisis (OMS, 2018a).

Según la Organización Mundial de la Salud (2018a)

“La dosis anual de 0.1 mSv es un pequeño porcentaje de la dosis promedio de radiación que recibe cualquier persona. Tanto los niveles de detección como los niveles de referencia son valores muy conservadores que permiten a las autoridades nacionales determinar, sin mayor consideración, que el agua de consumo humano es apta desde el punto de vista radiológico. Las experiencias nacionales han demostrado que la gran mayoría de los sistemas de abastecimiento de agua cumplen con estos criterios” (p. 248).

**LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE
PARÁMETROS RADIATIVOS**

Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Dosis de referencia total (nota 1)	mSv/año	0,1
2. Actividad global α	Bq/L	0,5
3. Actividad global β	Bq/L	1,0

Figura 24: Límites máximos permisibles de parámetros radiactivos. Extraído de «Aprueban reglamento de la calidad del agua para consumo humano», de Ministerio de Salud, 2010

2.2.1.4. Calidad Organoléptica

La alterada apariencia, olor y sabor del agua pueden ser producto de la presencia de ciertos contaminantes de origen biológico o químico que pueden indicar un daño potencial a la salud. Con la finalidad de corregir esto, se puede utilizar procesos de tratamiento de agua convencionales o específicos.

Asimismo, se explican algunos de los parámetros de calidad organoléptica más importantes para la calidad del agua:

- Olor y Sabor

Según la Organización Mundial de la Salud (2018a)

“El sabor y el olor pueden tener su origen en contaminantes químicos naturales, orgánicos e inorgánicos, y de fuentes o procesos biológicos (p. ej., microorganismos acuáticos), o en la contaminación debida a sustancias químicas sintéticas, o pueden ser el resultado de la corrosión o del tratamiento del agua” (p. 259).

- Color

Se considera que el agua es apta cuando no tiene ningún color apreciable. Según la Organización Mundial de la Salud (2018a) el color depende de diferentes factores: la presencia de materia orgánica coloreada, hierro u otros metales. Generalmente, las personas perciben el color del agua cuando este tiene 15 unidades de color verdadero (UCV) (p. 263).

- Turbiedad

Espigares y Fernández (1999) mencionan que la turbiedad indica el nivel de contaminación en el agua puesto que se pueden observar materias coloidales, entre otros (Azario, García, Marcó y Metzler, 2004).

- pH

El pH debe ser controlado durante el proceso de tratamiento de agua con la finalidad de que el agua pueda ser desinfectada satisfactoriamente. Cuando el pH es menor a 7 probablemente el agua será corrosiva. Se recomienda que el pH sea entre 8 y 7 para que la desinfección con cloro funcione como lo esperado (OMS, 2018a).

- Sólidos totales disueltos

Los sólidos disueltos totales requieren un tratamiento especial puesto que el filtro tradicional no puede removerlos. Se considera que los sólidos disueltos están compuestos por minerales, sales, entre otros (Brauder y Sigler, s.f.).

- Dureza total

La mayoría de los casos, la dureza del agua depende de la concentración de calcio y magnesio en esta. Adicionalmente señala que en presencia de otros parámetros como el pH y alcalinidad fuera de los límites, puede generar incrustaciones en las tuberías (OMS, 2018a).

- Hierro

Cuando el hierro es mayor a 0.3 mg/l tiñe las tuberías. Asimismo, cuando el hierro ferroso entra en contacto con la atmósfera este se oxida dando como consecuencia que el agua tenga un color marrón rojizo (OMS, 2018a).

- Manganeso

El manganeso se disuelve en el agua y se aprecian cuando este se oxida y precipita. Se puede comprobar que existe presencia de manganeso cuando aparecen manchas de color café-negro en la ropa, utensilios y similares. Generalmente, dicha presencia se debe a tuberías corroídas (Dozier y McFarland, s.f.).

- Aluminio

Cuando el agua tiene concentraciones de aluminio mayores a 0.2 mg/l altera el color y la turbiedad. Por lo tanto, se debe controlar la presencia de aluminio durante el tratamiento y distribución del agua (OMS, 2018a).

- Zinc

Cuando el agua tiene concentraciones de zinc por encima de los 5 mg/l puede tener un color opalino y un sabor indeseable. Bajo condiciones normales, el zinc no suele estar por encima de 0.1 mg/l (OMS, 2018a).

LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARÁMETROS DE CALIDAD ORGANOLÉPTICA

Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Olor	---	Aceptable
2. Sabor	---	Aceptable
3. Color	UCV escala Pt/Co	15
4. Turbiedad	UNT	5
5. pH	Valor de pH	6,5 a 8,5
6. Conductividad (25°C)	µmho/cm	1 500
7. Sólidos totales disueltos	mg L ⁻¹	1 000
8. Cloruros	mg Cl ⁻ L ⁻¹	250
9. Sulfatos	mg SO ₄ ⁼ L ⁻¹	250
10. Dureza total	mg CaCO ₃ L ⁻¹	500
11. Amoníaco	mg N L ⁻¹	1,5
12. Hierro	mg Fe L ⁻¹	0,3
13. Manganeseo	mg Mn L ⁻¹	0,4
14. Aluminio	mg Al L ⁻¹	0,2
15. Cobre	mg Cu L ⁻¹	2,0
16. Zinc	mg Zn L ⁻¹	3,0
17. Sodio	mg Na L ⁻¹	200

UCV = Unidad de color verdadero
UNT = Unidad nefelométrica de turbiedad

Figura 25: Límites máximos permisibles de parámetros de calidad organoléptica. Extraído de «Aprueban reglamento de la calidad del agua para consumo humano», de Ministerio de Salud, 2010

2.2.2. Métodos tradicionales de purificación de agua

La contaminación del agua para consumo humano puede generar graves problemas en la salud. En consecuencia, se han establecido diferentes límites máximo-permisibles de contaminación para asegurar que el agua no sea perjudicial. Sin embargo, a pesar de los controles establecidos mediante el DS N° 031-2010-SA, aún muchas personas están expuestas a la contaminación del agua. A continuación, se explicarán los diferentes métodos tradicionales existentes para la desinfección del agua.

2.2.2.1. Adsorción con carbón activado

La estructura fina que posee el carbón activado aumenta la superficie de los poros, es decir, genera una mejor adsorción. Este es muy útil para la purificación del agua potable, tratamiento de efluentes industriales y domésticos, y adsorción de pesticidas y nitratos de aguas superficiales. Las propiedades de adsorción son aplicadas a diferentes campos de investigación debido a su simplicidad de diseño y operación (Ahsan et al., 2016).

La demanda mundial de carbón activado se ha incrementado debido a su utilidad en diversas industrias. En el 2015 el mercado de carbono activado se valoró en más de \$ 3.0 mil millones dado al aumento de consumo de agua limpia y la implementación de un mayor número de plantas de tratamiento de agua. Asimismo, se prevé que el aumento de los precios del agua ayudará al crecimiento del mercado en general. Se estima que para el 2024, el carbón activado granular (GAC) represente aproximadamente el 30% del mercado por sus propiedades de eliminación de compuestos orgánicos volátiles (COV), del cloro, plomo, entre otros. Se considera que esta tecnología tiene un mayor rango de confiabilidad y un menor costo de inversión en comparación con otros medios de filtración (*Activated Carbon Market Size, Share & Trends Analysis Report*, 2019).

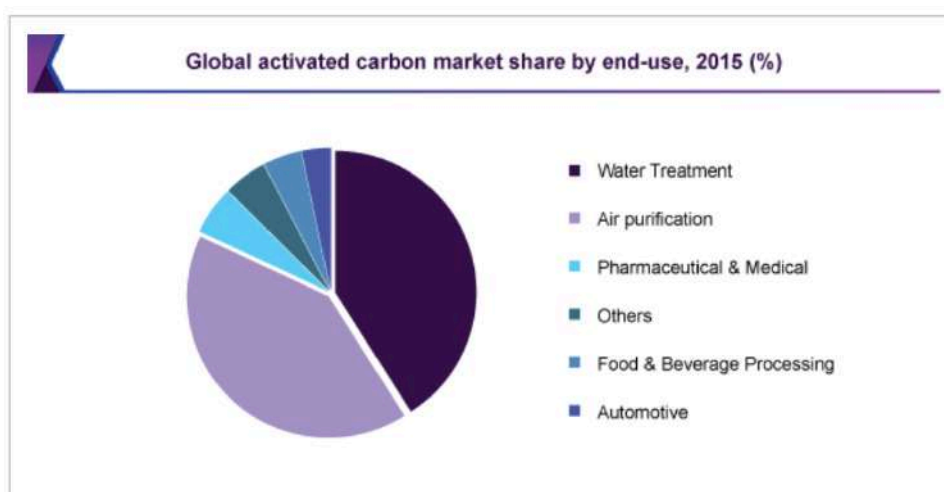


Figura 26: Global activated carbón market share by end-use, 2015%. Extraído de «Activated Carbon Market Size, Share & Trends Analysis Report», 2019

Como se puede apreciar en la figura anterior, la mayor parte del mercado estuvo designado al tratamiento de agua.

2.2.2.2. Filtro de arena verde de manganeso

La arena verde de manganeso es un medio filtrante de remoción de hierro. Esta funciona a través del intercambio por medio de la propiedad regenerativa con el permanganato de potasio (Valencia, s.f.). Asimismo, se reconoce a la arena verde de manganeso como uno de los medios más comunes para la remoción de hierro y manganeso a través de la filtración a presión o por gravedad (*The National Environmental Services Center*, s.f.).

2.2.2.3. Filtro multimedia

El filtro multimedia este compuesto por capas de varias capas en donde las impurezas sólidas son retenidas utilizando la gravedad para su funcionamiento. Adicionalmente, el filtro es utilizado en plantas de tratamiento de agua debido a que facilita la filtración de grandes cantidades de agua sin requerir de un espacio grande para su ubicación, y requiere de una baja inversión para su operación y mantenimiento (Cruz, 2015).

2.2.2.4. Cloración

American Chemistry Council (s.f.) señala que el uso del cloro es muy útil para la purificación del agua dado que destruye peligrosos gérmenes que causan enfermedades. Cabe resaltar que, el agua debe haber sido filtrada de todas las impurezas con anterioridad para que la cloración sea efectiva (“La cloración del agua como método de potabilización”, 2014).

Con la finalidad de identificar la cantidad de cloro necesaria para purificar el agua, se debe conocer el número y tipo de microbios que contiene. A mayor número de microbios se requiere una mayor dosificación de cloro; sin embargo, es importante no superar los límites permisibles puesto que demasiado cloro genera un olor y sabor desagradable. Asimismo, es importante reconocer los distintos tipos de presentaciones

y concentraciones del cloro ya que de eso dependerá la cantidad necesaria para desinfectar el agua (Conant y Fadem, 2011).

2.2.2.5. Ozonización

El ozono realiza la desinfección por oxidación química al igual que el cloro. Este puede eliminar bacterias, virus, algas, entre otros. Además, se utiliza el ozono para la oxidación del hierro y manganeso, y para la remoción de materia orgánica e inorgánica. El ozono genera una ruptura molecular de la membrana celular, provocando que el citoplasma celular se disperse para luego destruirlo.

Adicionalmente a esto, es fácil de desintegrar puesto que tiene un efecto residual casi nulo; sin embargo, es costoso adquirir un equipo generador de ozono (Ponce, 2005). Los sistemas de ozonización están compuestos por un generador de ozono, fuente de energía eléctrica, contactor, unidad de preparación de gas, y la unidad de eliminación del gas sobrante (Méndez y Solsona, 2002).

2.2.2.6. Intercambio iónico

Se define el intercambio iónico como un proceso químico en el cual los iones no deseados en el agua son reemplazados por otros iones menos perjudiciales. El objetivo principal es ablandar el agua eliminando la dureza, los carbonatos, los cationes, los metales, entre otros. Para realizar este proceso se requiere de la intervención de un polímero de resinas de intercambio iónico (Boss tech, 2018).

Sobre la desalcalinización del agua mediante intercambio iónico, Cortijo afirma que (2013)

“Por ejemplo, si existiesen sales disueltas, como Na_2SO_4 , CaCl_2 , $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, luego de pasar por la resina de intercambio iónico trabajando en ciclo de hidrógeno (esto es, regenerada con un ácido fuerte), se convertirían en H_2SO_4 , HCl , H_2CO_3 y se podría sobresaturar el agua con $\text{CO}_2(\text{g})$, dependiendo de la alcalinidad del agua” (p. 228)

2.2.2.7. Aireación

La aireación se define como aquel proceso donde el agua entra en contacto con el aire, y por ende incrementa su contenido de oxígeno. Esto ayuda a la eliminación de sustancias volátiles, la reducción del dióxido de carbono y la oxidación de minerales disueltos como el hierro y manganeso (Organización Mundial de la Salud y Organización Panamericana de la Salud, 2009a).

2.2.2.8. Coagulación química

Con la finalidad de remover los sólidos suspendidos y disueltos, se utilizan los coagulantes químicos para generar un floculante sólido de hidróxido de metal. Este floculante mediante la neutralización, adsorción y atrapamiento de la carga logra la remoción de los sólidos. Cabe resaltar que la eficiencia de la coagulación depende de la identificación correcta de la dosis del coagulante, y del pH. Se considera que se ha identificado la cantidad adecuada cuando se elimina el color y la turbiedad del agua (OMS, 2018a).

2.2.2.9. Floculación

La floculación consiste en la agitación de masa coagulada para aumentar el tamaño y peso de los flóculos de tal manera que facilite la sedimentación y la aglomeración en forma de red. Existen dos tipos de floculación: pericinética y ortocinética. La floculación pericinética esta inducida por la energía térmica como producto del movimiento natural del agua. En cambio, la floculación ortocinética esta inducida por una energía exterior que puede ser mecánica o hidráulica (Andía, 2000).

2.2.2.10. Procesos de membranas

Los procesos de membranas más conocidos son la microfiltración, la nanofiltración, la ultrafiltración y la osmosis inversa. Estos se dividen en dos grupos: procesos a presión alta y procesos a presión baja.

- Procesos a presión alta

Los procesos a presión alta son la ósmosis inversa y la nano filtración. Estos pueden remover las sales, turbidez, patógenos, entre otros. Asimismo, tienen la capacidad de rechazar contaminantes con un diámetro de 0.001 μm para el caso de la nanofiltración, y 0.0001 μm para la osmosis inversa (*American Water Works Association Research Foundation & Lyonnaise des Euax & Water Research Commission of South Africa*, 1996).

Según la Organización Mundial de la Salud (2018a)

“Si dos soluciones se separan mediante una membrana semipermeable (es decir, una membrana que permite el paso del disolvente, pero no del soluto), el disolvente, naturalmente, pasará de la solución de menor concentración a la solución de mayor concentración. Este proceso se conoce como ósmosis. Es posible, sin embargo, forzar el flujo del disolvente en la dirección opuesta, de la solución de mayor concentración a la de menor concentración, mediante el aumento de presión sobre la solución de mayor concentración. El diferencial de presión requerido se conoce como presión osmótica y el proceso se conoce como ósmosis inversa [OI]” (p. 574).

La nanofiltración (NF) es un proceso que a través de membranas permite la retención de iones multivalentes y sustancias orgánicas (Beardsley y McClellan, 1995).

- Procesos a presión baja

La ultrafiltración (UF) permite la retención de sólidos suspendidos, partículas, bacterias, virus y solutos de alto peso molecular. Las membranas utilizadas para la ultrafiltración son reutilizables y son de gran ayuda para la purificación de agua potable y residuales (Orca Industrial, s.f.).

La microfiltración (MF) es un proceso de separación física que retiene los microorganismos. Cabe resaltar que la filtración depende del tamaño de la membrana para poder ser retenidos (Colina, s.f.).

A continuación, se presenta una figura de los diferentes procesos de membranas explicados anteriormente.



Figura 27: Figura de tecnologías de los procesos de membranas. Extraído de «Tecnología de Bioreactores de membrana con osmosis inversa para efluentes mixtos de la Industria de Curtidos» por W. Scholz, s.f.

2.2.2.11. Radiación ultravioleta (UV)

La radiación ultravioleta (UV) logra la remoción de microorganismos a través de la alteración del ADN de las células impidiendo su reproducción. La efectividad depende del tiempo de exposición, el mantenimiento del equipo, la calidad del agua y la intensidad de la lámpara para destruir la mayor cantidad de microorganismos.

Generalmente, tiene una intensidad de lámpara entre 30000 y 50000 $\mu\text{watt-cm}^2$ pero existen otras bacterias que requieren una mayor intensidad para su remoción es por esto por lo que se debe verificar la intensidad de la lámpara del equipo UV antes de utilizarlo para el tratamiento del agua. También, es importante considerar que el agua debe haber sido filtrada con anterioridad antes de utilizar el equipo UV ya que el color, sólidos y turbiedad afectan la transmisión de la luz a los microorganismos (Oram, s.f.).

2.2.2.12. Desinfección solar

La desinfección solar utiliza la radiación del sol, específicamente la UV-A para la eliminación de ciertos microorganismos que son perceptibles a la luz (EcoInventos, 2017).

Existen diversos métodos de desinfección solar que pueden funcionar en áreas rurales debido a su bajo costo como: concentradores solares, pausterización utilizando calentadores o estufas solares, destiladores solares y procesos fotoquímicos (Márquez, s.f.).

2.2.3. Métodos de tratamiento de agua innovadores

2.2.3.1. Carbón de bambú

En la India se han aprovechado las propiedades del carbón de bambú, material natural localmente disponible, para purificar el agua dado que su alta porosidad tiene un alto nivel de adsorción. Adicionalmente, se utiliza la grava y la luz solar para eliminar un mayor número de bacterias patógenas. Se ha identificado que se puede purificar 30 litros de agua por hora mediante la aplicación de este método (Kumar, L., Kumar, V. y Singh, 2015).

2.2.3.2. Filtros cerámicos

En Sri Lanka se utilizan los filtros hechos de arcilla y arenisca para la desinfección del agua puesto que es una alternativa económica y efectiva. Estos filtros

pueden retener diferentes bacterias y varios contaminantes. Se calcula que, a través de este método se obtiene 2 litros de agua por hora, lo cual satisface la demanda de las familias de Sri Lanka (Kumar, L. et al., 2015).

2.2.3.3. *Filtro de bicicleta*

Es un sistema de purificación de agua que fue desarrollado como una alternativa de abastecimiento cuando ocurren desastres naturales que impiden el acceso a agua potable. Este funciona con la energía proporcionada por el ciclista. Cuando la persona pedalea, la bomba peristáltica transporta el agua almacenada a unos filtros que se encargan de la desinfección, y finalmente, el agua limpia es transportada a un recipiente que se encuentra al lado del timón de la bicicleta. Además, el tanque puede ser removido fácilmente para ser llevado a casa (Kumar, L. et al., 2015).

2.2.3.4. *Tableta de cerámica*

Es un pequeño disco cerámico hecho de arcilla, aserrín y agua, impregnado con nano partículas de plata o cobre que puede eliminar el 99.9% de las bacterias patógenas del agua. Se calcula que con un caudal de 1 a 3 litros por hora se puede satisfacer la demanda uso doméstico diario (Samarri, 2013).

2.2.3.5. *Bacterias asesinas de algas*

Las algas verdes o cianobacterias generan micro cistinas que son altamente tóxicas para la salud ya que atacan las células hepáticas causando envenenamiento agudo y crónico. Investigadores de la Universidad de Robert Gordon han detectado que existen cepas bacterianas capaces de descomponer estas algas convirtiéndolas en componentes no tóxicos. Por ejemplo, las bacterias *arthrobacter sp*, *brevibacterium sp* y *rhodococcus sp* han logrado la descomposición de las micro cistinas sin requerir de la intervención de productos químicos o nocivos para el ambiente (*Society for General Microbiology*, 2009).

2.2.4. Plantas de tratamiento de agua

Se considera que una planta de tratamiento de agua es un conjunto de procedimientos individuales que pueden ser de tipo físico, químico o biológico que forman juntos un sistema que elimina la contaminación existente en el agua (Aguasistec, s.f.).

2.2.4.1. *Proceso de tratamiento de agua*

No existe un proceso estandarizado de tratamiento de agua dado que depende de la calidad del agua, la tecnología, la locación, entre otros. Sin embargo, los principios sobre los cuales se basa el proceso se mantienen (*Hunter Water*, s.f). A continuación, se describe un proceso general de tratamiento.

2.2.4.1.1. *Coagulación/ Floculación*

En la coagulación se desestabilizan las cargas eléctricas de los coloides eliminando las propiedades que las mantienen en suspensión. Sin embargo, para poder sedimentarlas se requiere un proceso adicional que es la floculación. Este proceso aumenta el tamaño de las partículas con el fin de que puedan ser sedimentadas para esto la adición de floculantes ayuda a que las partículas formen enlaces entre ellas (Jácome, Suárez & Ures, 2014).

2.2.4.1.2. *Sedimentación*

Es el proceso por el cual las impurezas o suspensiones de hasta 10^{-4} cm de diámetro quedan suspendidas y son removidas por la gravedad, es decir, se asientan en el fondo del recipiente (Pérez, 2005). A continuación, se presenta una tabla de la velocidad de sedimentación necesaria para sedimentar partículas con peso de 2.56 kg/dm^3 a una temperatura de 10°C .

D (mm)	Clasificación	Velocidad de Sedimentación (mm/s)	Tiempo para sedimentar 0,3 m.
10,0	Grava	1000,00	0,3 seg.
1,0	Grava	100,00	3,0 seg.
0,1	Arena Gruesa	8,00	38 seg.
0,01	Arena Fina	0,154	33 min.
0,001	Bacterias	0,00154	35 horas
0,001	Coloides	0,0000154	230 días
0,0001	Coloides	0,000000154	63 años

Figura 28: Figura de la velocidad de sedimentación. Extraído de «Teoría de la Sedimentación» por L. Pérez, 2005

2.2.4.1.3. Filtración

La filtración es generalmente una combinación de procesos químicos y físicos en donde los sólidos suspendidos son retenidos mediante la utilización de materiales porosos, estos se dividen en capas filtrantes que atrapan los microorganismos (*The National Environmental Services Center*, s.f). Cuando este proceso ha sido realizado satisfactoriamente, incrementa la efectividad del siguiente proceso: desinfección.

2.2.4.1.4. Desinfección

Según Barrenechea (2004) la desinfección es el proceso que debe garantizar la calidad del agua al eliminar los microorganismos existentes dado que ninguno de los procesos anteriores puede eliminarlos al 100%. Además, mencionan que la desinfección requiere de cierta velocidad para funcionar efectivamente, la cual depende del tiempo de contacto, la concentración del desinfectante y la temperatura del agua. Finalmente, afirman que, bajo condiciones normales, la tasa de destrucción sigue la ley de Chick, el número de microorganismos destruidos por unidad de tiempo es proporcional al número de microorganismos remanentes.

2.2.5. Energía Sostenible

De acuerdo con el Ministerio de Agricultura y Riego (s.f.) la energía renovable o sostenible es aquella energía que se encuentra en forma continua e inagotable. Esta es el motor para el progreso económico, social y medioambiental puesto que no daña el ecosistema.

2.3. Marco Conceptual o Contexto de Investigación

- **Sistema de Purificación de Agua**
Conjunto de procesos lineales que tienen como objetivo la remoción de sustancias dañinas, microorganismos e impurezas hasta alcanzar que el agua sea apta para el consumo humano.
- **Sistema piloto**
Se refiere al producto mínimo viable del sistema de purificación de agua que permite recabar la mayor información con el mínimo de esfuerzo posible.
- **Energía cinética**
Es conocida como la energía que surge del movimiento de un objeto. Además, es un tipo de energía mecánica.
- **Sostenibilidad**
Se refiere a la promoción del desarrollo social, crecimiento económico y protección ambiental.
- **Agua apta para el consumo**
Se refiere al agua que no ocasiona ningún daño a la salud por ingerirla dado que no contiene sustancias tóxicas ni gérmenes. Se considera agua potable y agua segura como sinónimos del término agua apta para el consumo.

- Límites máximos permisibles

Valores máximos de concentración para la evaluación de la calidad del agua según el DS N°031-2010-SA.

- Calidad de vida

Se refiere al conjunto de condiciones que contribuyen al bienestar de un individuo. El bienestar incluye gozar de salud física y mental, mantener una relación armoniosa con el ambiente físico y la comunidad, acceder a educación y recreación, entre otros.

- Tiempo de contacto en cama vacía (EBCT)

Es el tiempo que el agua que será tratada está en contacto con el medio filtrante asumiendo que la velocidad se mantiene. El EBCT es igual al volumen del medio filtrante entre el caudal.

- Corriente Alterna

Es aquella que alterna los polos constantemente. Por ejemplo, la toma de corriente de los hogares es alterna. Esta es más fácil de generar, de convertir y de transportar que la corriente continua.

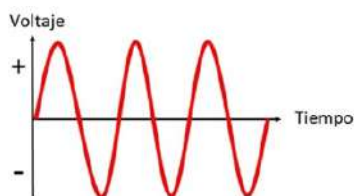


Figura 29: Interpretación gráfica de la corriente alterna (CA). Extraído de «Corriente alterna y la corriente continua ¿cuál es la diferencia?», s.f.

- Corriente continua

Es aquella que fluye siempre en un solo sentido. Por ejemplo, en las pilas la energía fluye de un polo hacia el otro polo sin problema.

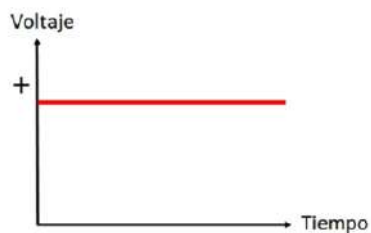


Figura 30: Interpretación gráfica de la corriente continua (CC). Extraído de «Corriente alterna y la corriente continua ¿cuál es la diferencia?», s.f.

- **Voltaje**
Se define como la presión de una fuente de suministro de energía eléctrica.
- **Amperaje**
Se define como la intensidad de una corriente eléctrica producto del movimiento de cargas eléctricas mediante un medio conductor.
- **Watts**
Es conocida como la potencia producto del amperaje y el voltaje.
- **Medios filtrantes**
Son componentes o materiales que retienen los contaminantes del agua mediante un filtro. Por ejemplo: carbón activado, arena verde, antracita, grava y garnet.



Figura 31: Carbón activado. (Elaboración propia)



Figura 32: Arena Verde. (Elaboración propia)



Figura 33: Antracita. (Elaboración propia)



Figura 34: Grava de 5 micras. (Elaboración propia)



Figura 35: Garnet. (Elaboración propia)



Figura 36: Arena de sílice. (Elaboración propia)

2.4. Hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

El sistema de purificación de agua propuesto para la mejora de la calidad del agua potable en la Institución Educativa N° 34030 Raúl Porras Barrenechea preservará la salud de los alumnos y profesores.

2.4.2. Hipótesis específicas

- La propuesta de mejora permitirá sugerir un sistema de purificación de agua para la Institución Educativa N°34030 Raúl Porras Barrenechea que permita que los parámetros de la calidad del agua observados se encuentren dentro de los límites permisibles del DS N° 031-2010-SA.
- La propuesta de mejora permitirá identificar la frecuencia y síntomas de enfermedades que presentan los alumnos y profesores en la Institución Educativa N°34030 Raúl Porras Barrenechea.
- La propuesta de mejora permitirá identificar el porcentaje de alumnos desaprobados en la Institución Educativa N°34030 Raúl Porras Barrenechea del 2016 al 2018.
- La propuesta de mejora permitirá identificar los mecanismos necesarios para asegurar la sostenibilidad del sistema de purificación de agua para la Institución Educativa N°34030 Raúl Porras Barrenechea.

2.5. Determinación de variables

Tabla 2: Variables del proyecto

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Ind.
Sistema de purificación de agua	Aquel sistema de filtrado que a través de diferentes procesos atrapa las partículas, organismos y residuos con la finalidad de que el agua sea consumible	A través del sistema de purificación de agua se obtendrá agua apta para el consumo de acuerdo con el DS N° 031-2017-SA	Calidad del sistema de purificación de agua	Eficacia y Eficiencia del sistema de purificación de agua
				Caudal del sistema de purificación de agua
Calidad del agua potable	Aquella agua libre de partículas o microorganismos que puedan generar un riesgo para la salud humana	Aquella agua que cumple con lo designado en el DS N° 031-2017-SA	Calidad del agua	Cumplimiento de límites máximos permisibles
Parámetros observados	Aquellos agentes patógenos que sirven para identificar si el agua es apta para el consumo humano	Resultados de la evaluación del DS N° 031-2017-SA	Hierro	Eficacia en remoción y porcentaje de remoción de hierro
			Turbiedad	Eficacia en remoción y porcentaje de remoción de turbiedad
			Cloro	Eficacia en remoción y

				porcentaje de remoción de cloro
			Organismos de vida libre	Eficacia en remoción y porcentaje de remoción de OVL
			Bacterias coliformes totales	Eficacia en remoción y porcentaje de remoción de bacterias coliformes totales
			Bacterias coliformes fecales	Eficacia en remoción y porcentaje de remoción de bacterias coliformes fecales

Nota: En la columna de Ind. se presentan los indicadores que se utilizarán para reconocer si el trabajo de investigación cumplió con los objetivos (Elaboración propia).

Capítulo III: Metodología de la Investigación

3.1. Diseño de la investigación

3.1.1. Diseño

El diseño de investigación es experimental dado que se manipula el sistema de purificación de agua (variable independiente) para analizar las consecuencias que la manipulación tiene sobre la calidad del agua (variable dependiente).

3.1.2. Tipo

El tipo de investigación es descriptiva ya que se busca identificar las características y propiedades del fenómeno que se está analizando; es decir, la calidad del agua en la Institución Educativa N° 34030 Raúl Porras Barrenechea.

3.1.3. Enfoque

El enfoque del presente trabajo es cuantitativo debido a que a partir de la recolección de datos se realiza una medición numérica y análisis estadístico para probar la hipótesis planteada. Además, se sigue un conjunto de procesos secuenciales y probatorios enfocados en obtener resultados objetivos.

Por otra parte, se incluye el análisis cualitativo para el estudio de la percepción de los padres, alumnos y profesores. Es preciso señalar que este análisis no es el enfoque principal del trabajo.

3.2. Población y Muestra

Universo: Agua proveniente de la red pública de Yurajhuanca

Población: Agua proveniente de la red pública de la Institución Educativa N°34030 Raúl Porras Barrenechea

Muestra: La muestra es la extracción de una porción de agua proveniente de la red pública de la Institución Educativa N°34030 Raúl Porras Barrenechea. De acuerdo con el diseño del sistema de purificación de agua, las muestras serán de 1 litro cada una y serán tratadas a través

de pruebas experimentales, las cuales tienen objetivo reconocer el comportamiento de los parámetros observados: hierro, turbiedad, cloro, organismos de vida libre, bacterias coliformes totales, y bacterias coliformes fecales; y las etapas del sistema: pre tratamiento, tratamiento, post tratamiento.

Con la finalidad de identificar la cantidad de muestras necesarias, se utiliza el diseño factorial. Este último se caracteriza por cubrir todas las posibles combinaciones de los niveles de los factores en estudio. En este caso, los factores son las etapas del sistema y los parámetros observados. El factor de etapas del sistema está compuesto por 3 niveles: pre tratamiento, tratamiento y post tratamiento. El factor de parámetros observados está compuesto por 5 niveles: turbiedad, hierro, bacterias coliformes, organismos de vida libre y cloro.

Tabla 3: Diseño factorial

N°	Factor	Niveles
1	Etapas del sistema	Pre tratamiento
		Tratamiento
		Post tratamiento
2	Parámetros observados	Turbiedad
		Hierro
		Bacterias coliformes
		Organismos de vida libre
		Cloro

Nota: Se consideran 3 niveles para el factor de etapas del sistema y 4 niveles para el factor parámetros observados (Elaboración propia).

Cabe resaltar que se esta considerando como un solo nivel las bacterias coliformes para mayor practicidad en el cálculo de la cantidad de muestras

No obstante, para determinar el número de réplicas, se escogió que sea igual al número de caños de la Institución Educativa, es decir, 4. La fórmula que se sigue para el cálculo de la cantidad de muestras es:

$$rx n_1^{f1} x n_2^{f2} \dots \dots \dots (2)$$

Donde:

r = Número de réplicas

n = Número de niveles

f = Número de factores

Reemplazando los valores en la ecuación (2), se requieren 60 muestras.

$$4 \times 5^1 \times 3^1 = 60$$

Es preciso resaltar que se realizan 61 muestras de agua puesto que en la última muestra se evalúan todos los parámetros juntos.

Procedimiento de análisis de muestra

A continuación se presentan las actividades que se realizan para el análisis de las muestras. Para mayor detalle revisar el capítulo V del presente trabajo de investigación.

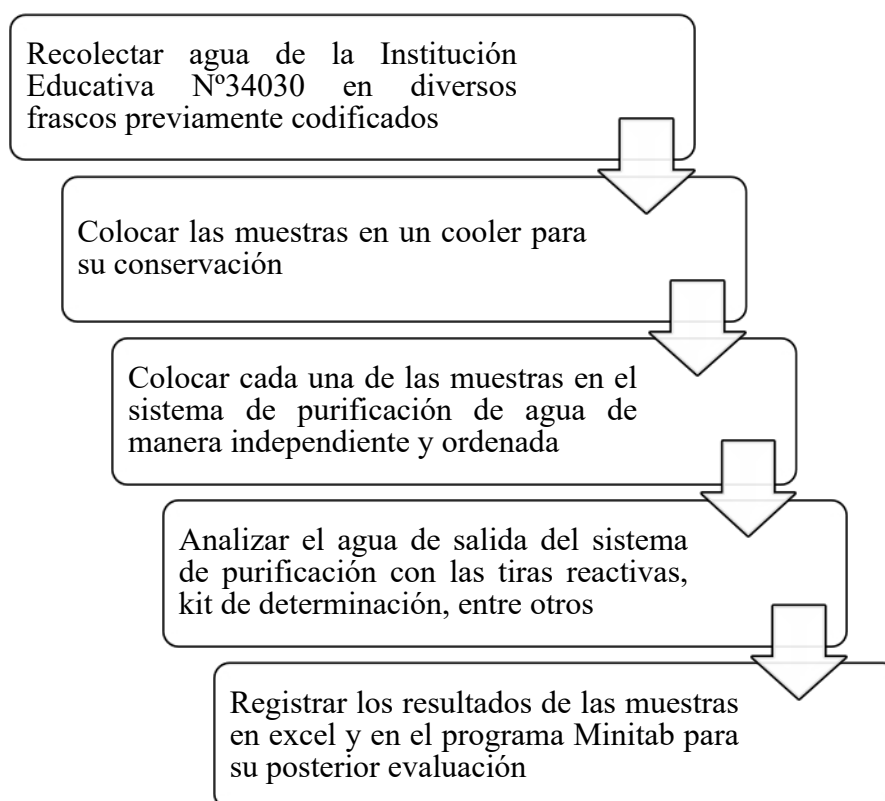


Figura 37: Procedimiento de análisis de muestra. (Elaboración propia)

3.3. Instrumentos de Medida

- Encuestas

Se realizan tres encuestas a 20 padres de familia de la Institución Educativa (IE) N°34030 Raúl Porras Barrenechea acerca del abastecimiento de agua actual, el consumo de agua en sus hogares, y el ausentismo escolar. Además, se realiza una encuesta a los alumnos y profesores de la IE con la finalidad de identificar la frecuencia y síntomas de enfermedades que se les presentan. Todas las preguntas que se realizan son cerradas a fin de obtener respuestas breves, específicas y delimitadas. Las encuestas tienen como objetivo comparar la percepción de las personas con la realidad.

- Tiras reactivas de cloro

Las tiras reactivas sirven como test de determinación de concentración de un parámetro de acuerdo con ciertos intervalos de manera sencilla, rápida y fiable. Se utilizan para medir el cloro.



Figura 38: Insta test 6 Plus. Extraído de «Insta test 6 Plus» de LaMotte, s.f.

- Kit para determinación de hierro

El kit de determinación colorimétrico analiza Fe(II) y Fe(III) a través de un método de triazina.



Figura 39: Figura de kit de determinación de hierro. Extraído de «Viscolor ECO Iron 1», de Macherey-Nagel, s.f.

- Turbidímetro

El turbidímetro mide fácilmente la turbidez de manera sencilla y exacta. Se utiliza el turbidímetro portátil 2100Q marca Hach.



Figura 40: Figura de turbidímetro 2100Q. Extraído de «2100Q Turbidímetro portátil (EPA)», de Hach, s.f.

- Análisis en laboratorio

Para obtener una mayor exactitud en la medición de los coliformes y organismos de vida libre, las muestras son analizadas a través de un laboratorio.

3.4. Técnicas de Recolección de Datos

- Datos históricos

Se recolecta información acerca de los problemas existentes dentro de la Institución Educativa y la comunidad en relación con el abastecimiento y calidad del agua potable. Así mismo, se identifica las consecuencias por el consumo de agua contaminada.

- Opinión de experto

Los expertos son esenciales para el desarrollo del presente trabajo de investigación. Como se mencionó anteriormente, se requiere de dos grupos de expertos: especialistas en tratamiento de agua y especialista en gestión de proyectos sociales.

- Datos primarios

Se recolectan datos específicos para el desarrollo del trabajo. A través del análisis de la calidad del agua, se identifica la concentración de los parámetros observados. Además, se elabora encuestas para los padres de familia, profesores y alumnos de la Institución Educativa en estudio.

- Datos secundarios

Se investiga proyectos relacionados a la implementación de sistemas de purificación de agua en comunidades rurales alrededor del mundo con la finalidad de que estos sirvan de guía para el presente trabajo de investigación.

3.5. Técnicas de Análisis de la Información

- Análisis de encuestas

Con la información obtenida de las encuestas, se realiza un análisis de la información para determinar si su percepción coincide con la realidad.

- Paquete estadístico en EXCEL

Se utilizan las herramientas estadísticas de EXCEL para clasificar, registrar, tabular y codificar la información recolectada.

- Programa Minitab

Se utiliza el programa Minitab para la evaluación e interpretación de los resultados de los análisis de muestras de agua debido a su gran utilidad para los diseños factoriales.

3.6. Cronograma de actividades y presupuesto

	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7	Semana 8	Semana 9	Semana 10	Semana 11	Semana 12	Semana 13	Semana 14	Semana 15	Semana 16	Semana 17	Semana 18	Semana 19	Semana 20	Semana 21	Semana 22	Semana 23	Semana 24	Semana 25	Semana 26	Semana 27	Semana 28	Semana 29	Semana 30	Semana 31	Semana 32	Presupuesto
Evaluación de calidad de agua																																	S/100.00
Visitar a la Institución Educativa N°34030																																	
Visitar al presidente de la comunidad																																	
Identificar y analizar las fuentes de abastecimiento disponibles																																	
Realizar estudio de calidad de agua																																	
Identificar la frecuencia y síntomas de enfermedades																																	
Identificar la cantidad de alumnos desaprobados																																	
Identificar las causas y consecuencias de la situación actual																																	
Diseño del sistema de purificación de agua																																-	
Identificar la capacidad, ubicación y área del sistema de purificación de agua																																	
Revisar los factores de diseño																																	
Evaluar los métodos de purificación disponibles																																	
Seleccionar el tipo de tratamiento más adecuado a la situación actual																																	
Realizar diseño a mano alzada del sistema de purificación																																	
Realizar diseño en el programa INVENTOR																																	
Desarrollo del sistema piloto de purificación de agua																																	S/533.39
Identificar componentes para el sistema																																	
Desarrollar el sistema piloto																																	
Corroborar ensamblado del sistema																																	
Evaluación de la eficacia y eficiencia del sistema piloto de purificación de agua																																	S/1,732.00
Toma de muestra de agua																																	
Análisis de la muestra según el DS 031-2010-SA																																	
Determinación de la eficiencia del sistema piloto																																	
Determinación de la eficacia del sistema piloto																																	
Establecimiento de mecanismos para mantener la operatividad																																	-
Realización de los planes de sostenibilidad																																	
Difusión de resultados																																	-
Presentación de los resultados obtenidos a la población objetivo																																	
Total																																S/2,365.39	

Figura 41: Cronograma de actividades. (Elaboración propia)

Capítulo IV: Entorno empresarial

4.1. Descripción de la Institución Educativa

4.1.1. Reseña histórica y actividad económica

La Institución educativa N° 34030 Raúl Porras Barrenechea se localiza en la Comunidad Campesina de Yurajhuanca, distrito de Simón Bolívar en Cerro de Pasco. Esta Institución Educativa es solo de nivel primario (1ero a 6to grado) y cuenta con 67 alumnos entre niños y niñas, y 6 docentes multigrado.

En la IE N° 34030 se suministra una educación de alta calidad en un ambiente seguro, donde el equipo de profesionales altamente calificados, se dedican a proteger a los estudiantes en el ambiente personal como académico. Asimismo, busca que los alumnos logren su desarrollo físico, intelectual, emocional, moral y social de tal manera que puedan adaptarse fácilmente a la sociedad.



Figura 42: Patio de la Institución Educativa N° 34030. (Elaboración propia)

4.1.2. Descripción de la organización

4.1.2.1. *Organigrama*

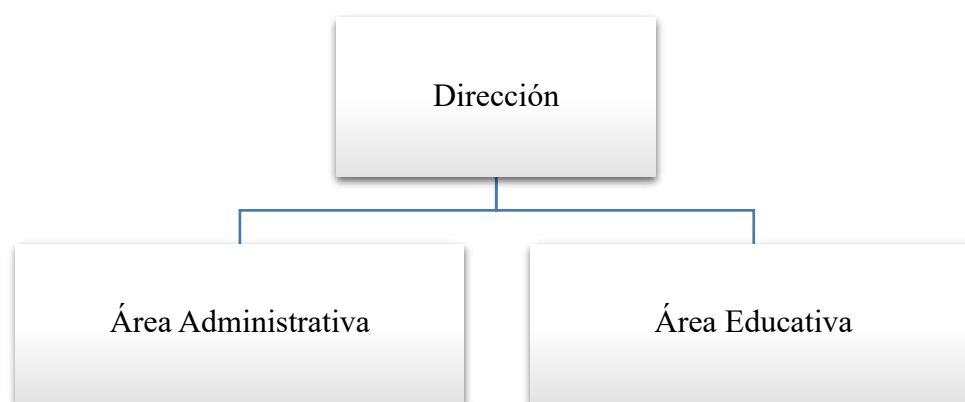


Figura 43: Organigrama de la Institución Educativa N° 34030 Raúl Porras Barrenechea.
(Elaboración propia)

4.1.3. Datos generales estratégicos de la Institución Educativa

4.1.3.1. *Visión, misión y valores o principios*

Actualmente la Institución Educativa no cuenta con una visión, misión y valores establecidos, por lo tanto, se presentan a continuación las propuestas de acuerdo a David (2003).

➤ Visión Propuesta

Ser reconocido a nivel nacional por ofrecer una excelente formación académica y personal a nuestros alumnos.

➤ Misión Propuesta

Somos una institución educativa nacional comprometida con el desarrollo académico y personal de nuestros alumnos otorgándoles la mejor educación. Estamos respaldados por un excelente equipo profesional. Asimismo, nos diferenciamos por ser una institución educativa enfocada en el desarrollo físico, intelectual, emocional, moral y social de nuestros alumnos con el fin de que sobresalgan en la sociedad.

➤ Valores Propuestos

- Compromiso: Cumplir con el desarrollo académico y personal de los alumnos
- Respeto: Reconocer el valor del prójimo y tratarlos con dignidad
- Esfuerzo: Mejorar continuamente en busca de la excelencia
- Trabajo en equipo: Fomentar la integración de los alumnos
- Integridad: Actuar en base a la honestidad y rectitud

4.1.3.2. Objetivos estratégicos

A pesar de que la Institución Educativa (IE) no cuenta con objetivos estratégicos definidos, a partir de la entrevista con la directora de la IE, Sra. Felinda Usuriaga, se han propuesto los siguientes objetivos:

- Crear ambientes que faciliten la integración de los alumnos y profesores
- Cumplir con el currículo nacional de educación básica del presente año
- Incrementar el nivel de aprendizaje de los alumnos en un 10%
- Velar por la salud e integridad de los alumnos
- Gestionar adecuadamente los recursos
- Formar personas integra y comprometidas con la sociedad

4.1.3.3. Evaluación interna y externa. FODA

Tabla 4: Matriz FODA

MATRIZ FODA			
OPORTUNIDADES		FORTALEZAS	
1	Desarrollo económico sostenible en el Perú	1	Participación y compromiso de los profesores
2	Nueva tecnología para la enseñanza	2	Educación de calidad
3	Ministerio de Educación ofrece cursos virtuales a profesores	3	Pertenece al programa nacional de alimentación escolar: Qali Warma
4	Ministerio de Educación comprometido con el aprendizaje y desarrollo del alumno	4	Directora apoya el desarrollo de la Institución Educativa
AMENAZAS		DEBILIDADES	
1	Cambio constante de Ministros de Educación significa incertidumbre	1	No cuenta con amplios espacios recreativos
2	Baja inversión en educación por parte del Estado	2	Calidad del agua influye en la salud
3	Huelgas nacionales de profesores del Estado	3	No cuenta con salas de computación y acceso a internet
4	Mayor número de Institución Educativas privadas a precios bajos	4	El presupuesto designado es insuficiente

Nota: Se han determinado los cuatro ejemplos más importantes para el desarrollo del FODA.
(Elaboración propia)

A partir de la información recolectada en la matriz FODA, se realizan la matriz EFI y EFE para conocer el impacto de los factores internos y externos respectivamente.

Tabla 5: Matriz EFI

MATRIZ EFI				
Factores internos claves		Peso	Calificación	Peso Ponderado
Fortalezas				
1	Participación y compromiso de los profesores	0.2	4	0.8
2	Educación de calidad	0.15	4	0.6
3	Pertenece al programa nacional de alimentación escolar: Qali Warma	0.05	3	0.15
4	Directora apoya el desarrollo de la Institución Educativa	0.1	3	0.3
Debilidades				
1	No cuenta con amplios espacios recreativos	0.05	1	0.05
2	Calidad del agua influye en la salud	0.3	2	0.6
3	No cuenta con salas de computación y acceso a internet	0.05	1	0.05
4	El presupuesto designado es insuficiente	0.1	1	0.1
Total		1		2.65

Nota: La matriz EFI obtuvo un resultado de 2.65, lo cual quiere decir que la Institución Educativa posee una posición interna fuerte. (Elaboración propia)

Tabla 6: Matriz EFE

MATRIZ EFE				
Factores internos claves		Peso	Calificación	Peso Ponderado
Oportunidades				
1	Desarrollo económico sostenible en el Perú	0.2	4	0.8
2	Nueva tecnología para la enseñanza	0.15	4	0.6
3	Ministerio de Educación ofrece cursos virtuales a profesores	0.15	3	0.45
4	Ministerio de Educación comprometido con el aprendizaje y desarrollo del alumno	0.15	4	0.6
Amenazas				
1	Cambio constante de Ministros de Educación significa incertidumbre	0.05	1	0.05
2	Baja inversión en educación por parte del Estado	0.15	2	0.3
3	Huelgas nacionales de profesores del Estado	0.1	2	0.2
4	Mayor número de Institución Educativas privadas a precios bajos	0.05	1	0.05
Total		1		3.05

Nota: La matriz EFE obtuvo un resultado de 3.05, lo cual significa que el ambiente externo es favorable para la Institución Educativa. (Elaboración propia)

Con la finalidad de determinar las estrategias más adecuadas para la Institución Educativa, se utiliza la matriz IE y la matriz FODA cruzada. En primer lugar, para realizar la matriz IE se consideran los resultados obtenidos en la matriz EFI y EFE. Y, en segundo lugar, para la matriz FODA cruzada se utiliza la matriz FODA realizada anteriormente.

Tabla 7: Matriz IE

		FACTORES INTERNOS			
		4	3	2	1
FACTORES EXTERNOS	4	I	II	III	
	3	IV	V	VI	
	2	VII	VIII	IX	
	1				

Nota: Relacionando los valores hallados en la matriz EFE y la matriz EFI se obtuvo que la Institución Educativa se encuentra en el segundo sector, es decir, las estrategias recomendadas son construir e invertir. A pesar de las amenazas existentes, la Institución Educativa puede optar por solicitar apoyo al Ministerio de Educación para que aproveche sus oportunidades de mejora sin afectar su desenvolvimiento actual. (Elaboración propia)

Tabla 8: Matriz FODA Cruzada

MATRIZ FODA CRUZADA	FORTALEZAS		DEBILIDADES		
	1	Participación y compromiso de los profesores	1	No cuenta con amplios espacios recreativos	
	2	Educación de calidad	2	Calidad de agua influye en la salud	
	3	Pertenece al programa nacional de alimentación escolar: Qali Warma	3	No cuenta con salas de computación y acceso a internet	
	4	Directora apoya el desarrollo de la escuela	4	El presupuesto designado es insuficiente	
OPORTUNIDADES		F O ESTRATEGIAS FO	D O ESTRATEGIAS DO		
1	Desarrollo económico sostenible en el Perú	2 2	Implementar nuevas herramientas de enseñanza	1 1	Invertir en la infraestructura de la escuela
2	Nueva tecnología para la enseñanza	4 1	Invertir en la infraestructura de la escuela	3 2	Invertir en instalar internet a la escuela para el acceso de alumnos y profesores
3	Ministerio de Educación ofrece cursos virtuales a profesores	1 3	Capacitar a los profesores con nuevas habilidades	4 3	Invertir en instalar internet a la escuela para el acceso de alumnos y profesores
4	Ministerio de Educación comprometido con el aprendizaje y desarrollo del alumno	4 4	Control de anemia y desnutrición crónica	2 4	Invertir en la alimentación y salud de los alumnos
AMENAZAS		F A ESTRATEGIAS FA	D A ESTRATEGIAS DA		
1	Cambio constante de Ministros de Educación significa incertidumbre	2 1	Mantener protocolo de nivel de enseñanza pese a incertidumbre	1 1	Solicitar ampliación de espacios recreativos al nuevo Ministro
2	Baja inversión en educación por parte del Estado	3 2	Desarrollar un plan de contingencia en caso el Estado decida eliminar Qali Wama	4 2	Buscar nuevas fuentes de financiamiento como actividades
3	Huelgas nacionales de profesores del Estado	1 3	Desarrollar programa de retención de profesores en caso de huelga	3 3	Solicitar acceso a internet al nuevo Ministro
4	Mayor número de escuelas privadas a precios bajos	2 4	Estrategia genérica de diferenciación	2 4	Estrategia genérica de diferenciación

Nota: F = fortalezas; O = oportunidades; A = amenazas; D = debilidades. (Elaboración propia)

Como se puede apreciar en la matriz FODA cruzada, la mayoría de las estrategias están enfocadas en invertir o desarrollar nuevas capacidades de la Institución Educativa. Cabe resaltar que el éxito de estas dependerá del nivel de compromiso que tenga el Ministerio de Educación en cambiar la situación actual. La Institución Educativa tiene diversas oportunidades que podrían explotar que no solo mejoraría la educación sino también la salud y alimentación de los alumnos.

4.2. Modelo de Negocio Actual (CANVAS)

4.2.1. Producto y propuesta de valor

La Institución Educativa N° 34030 Raúl Porras Barrenechea ofrece una educación de calidad debido a que satisface las necesidades educativas del alumnado y las expectativas de los padres en un ambiente amigable. Los docentes están altamente comprometidos y capacitados en formar académicamente a los alumnos sin descuidar la formación espiritual y personal.

De acuerdo a lo mencionado anteriormente, estos son los elementos que se han considerado para la construcción de la propuesta de valor de la Institución Educativa.

- **Calidad:** Orientada a entregar una educación de calidad superior a la competencia por los recursos utilizados para la entrega del servicio.
- **Accesibilidad:** La Institución Educativa se encuentra localizada estratégicamente en el centro de Yurajhuanca con la finalidad de estar cerca a los hogares de los alumnos, quienes pueden ir caminando a su Institución Educativa.

4.2.2. Segmentos de clientes

Los clientes son los padres, madres y/o tutores legales que viven en la comunidad campesina de Yurajhuanca con hijos entre 6 y 11 años, pertenecientes al NSE D y E. Cabe resaltar que los alumnos son los usuarios del servicio más no los clientes.

4.2.3. Relacionamiento con clientes

La Asociación de Padres de Familia (APAFA) es la principal fuente de relacionamiento con los clientes dado que, a través de esta, los padres se involucran en la enseñanza de sus hijos. Por ello, la integración de los padres es fundamental para mejorar la calidad de enseñanza de la Institución Educativa.

Adicionalmente a la APAFA, también se realizan reuniones mensuales o bimensuales. En dichas reuniones, los padres pueden conocer el avance de sus hijos durante dicho periodo.

4.2.4. Canales

En este caso, los canales de distribución son:

- El boca a boca
- Plataforma Identicole del Ministerio de Educación (<http://identicole.minedu.gob.pe>)

4.2.5. Recursos claves

- Infraestructura:

La Institución Educativa cuenta con un edificio de dos pisos en la comunidad campesina de Yurajhuanca.

- Recursos humanos:

Están compuestos por:

- Personal docente
- Personal administrativo
- Directora

4.2.6. Proveedores o socios claves

- Ministerio de Educación: Es el encargado de brindar las pautas de enseñanza, es decir, crea el currículo nacional de educación básica.
- APAFA: Es la Asociación por la cual los padres de familia participan activamente en la educación de sus hijos.

4.2.7. Procesos o actividades claves

- Formación de los alumnos: Proceso por el cual los alumnos aprenden y desarrollan sus capacidades académicas, en otras palabras, es la actividad clave para determinar la calidad de la enseñanza.

- Capacitación de los profesores: Proceso por el cual los profesores reciben talleres o cursos de actualización sobre metodología o temas importantes para el desarrollo de los alumnos.
- Desarrollo de habilidades blandas: Proceso por el cual los alumnos aprenden a interrelacionarse con los demás de manera efectiva y asertiva mejorando su formación personal.
- Seguimiento de los alumnos: Proceso por el cual los profesores identifican el nivel de aprendizaje de los alumnos, y pueden reconocer quienes requieren una enseñanza más personalizada.

4.2.8. Fuentes de ingresos actuales

La principal fuente de ingreso es:

- Cuota designada por el Ministerio de Educación para el año escolar

4.2.9. Estructura de costos y gastos actuales

Los costos que debe incurrir el colegio mensualmente son:

- Pago a personal docente y administrativo
- Pago por el mantenimiento de la Institución Educativa (seguridad, limpieza, luz, etc)
- Pago por abastecimiento de agua de la Institución Educativa de la red pública. El precio por metro cúbico al día es de S/0.81 tanto para la Institución Educativa.

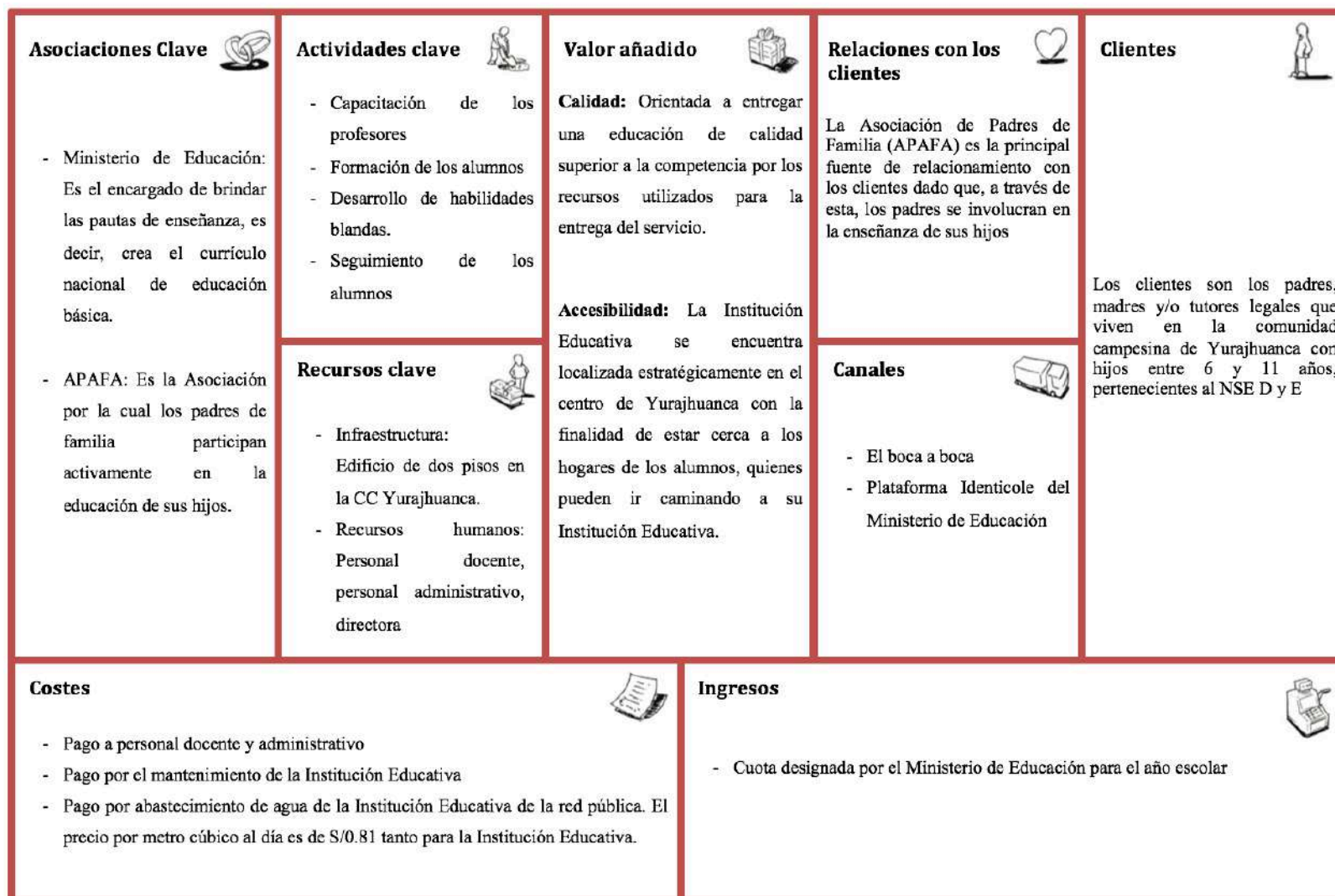


Figura 44: Modelo de negocio actual. (Elaboración propia)

4.3. Mapa de procesos actual

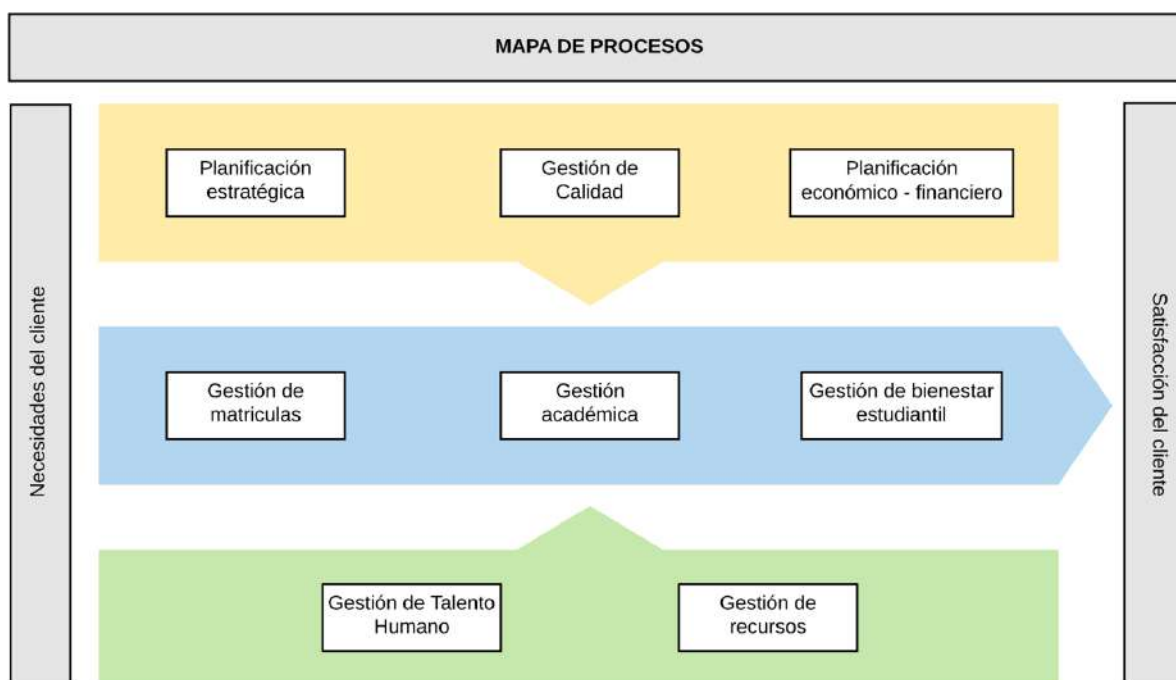


Figura 45: Mapa de procesos de la Institución Educativa. (Elaboración propia)

4.3.1. Descripción de los procesos

El proceso de gestión de matrícula inicia con la solicitud de matrícula por parte del apoderado del alumno. Asimismo, luego se registran los datos y se entrega la ficha de matrícula. Después de que se validen los datos, la Institución Educativa registra la matrícula y entrega al apoderado la lista de útiles escolares para el año de estudio.

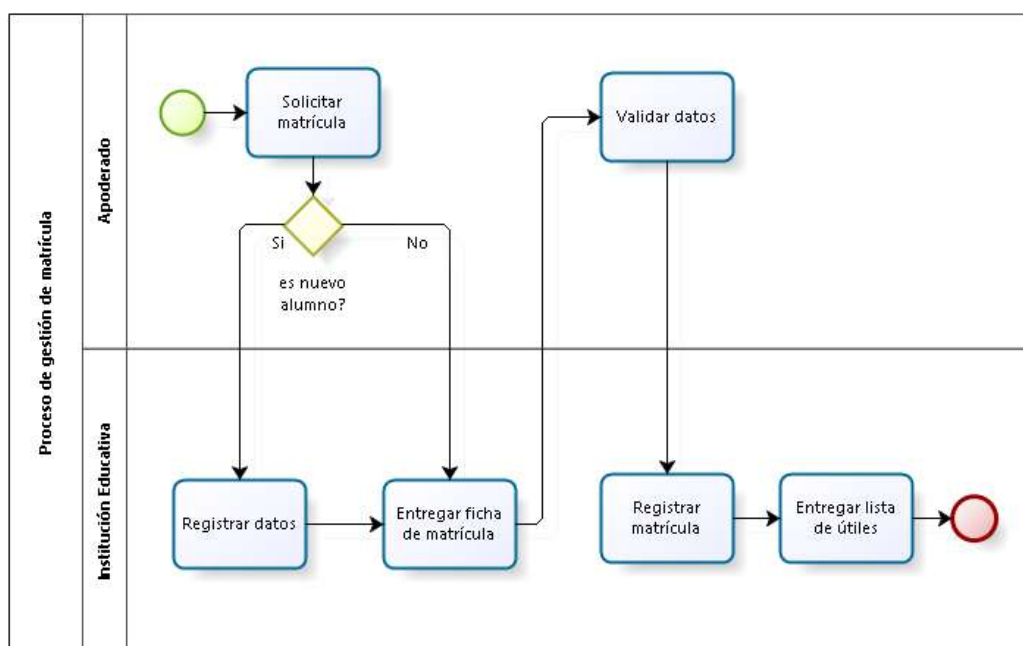


Figura 46: Proceso de gestión de matrícula. (Elaboración propia)

El proceso de gestión académica esta relacionado con el plan de estudios de los alumnos en donde la directora debe asignar los recursos de aprendizaje y definir la jornada escolar. Asimismo, la directora evalúa a los profesores; al igual que los profesores evalúan a los alumnos. Tanto la directora como los profesores deben monitorear el desempeño de las respectivas evaluaciones.

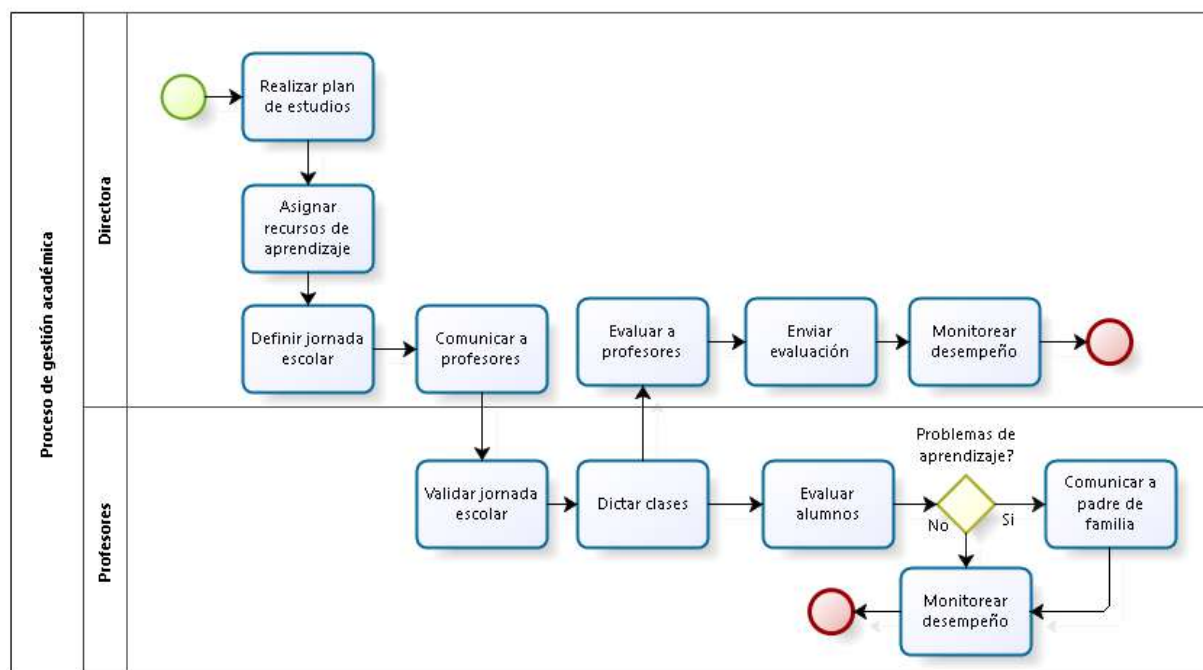


Figura 47: Proceso de gestión académica. (Elaboración propia)

El proceso de gestión de bienestar estudiantil comienza con la inducción a los nuevos estudiantes. Además, se evalúa el desarrollo personal e integral de los alumnos matriculados. Por otro lado, la directora determina las actividades extracurriculares para mejorar el desarrollo de los alumnos; y son los profesores quienes deben monitorear dichas actividades; así como velar por la salud y seguridad de los estudiantes. Finalmente, la directora brinda atención social a los estudiantes que lo necesiten.

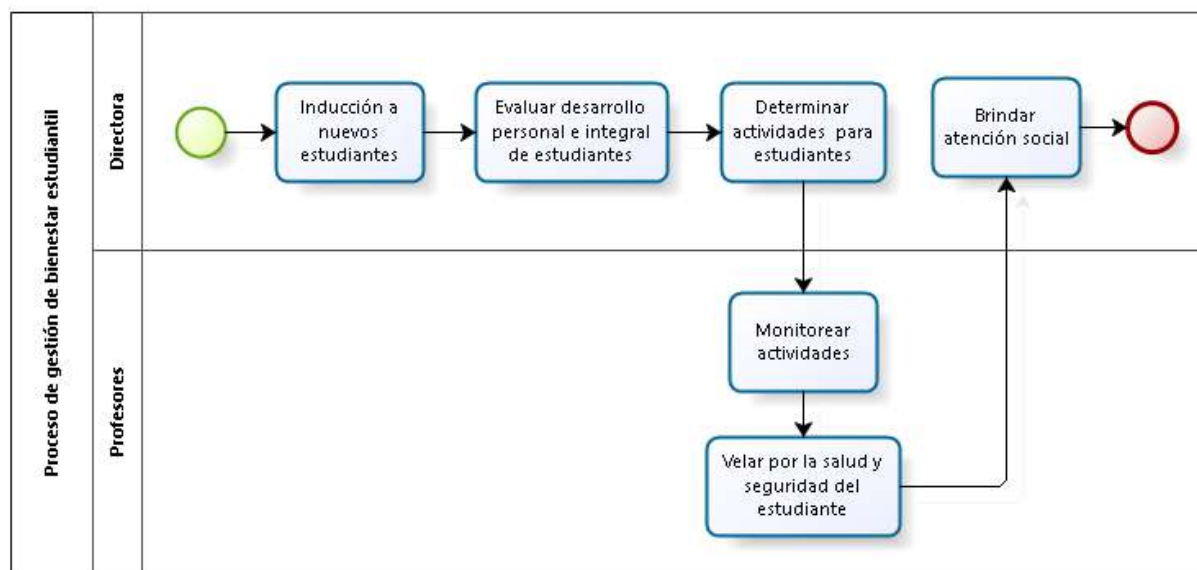


Figura 48: Proceso de gestión de bienestar estudiantil. (Elaboración propia)

4.4. Análisis del macroentorno

4.4.1. Análisis global

Clark (2019) afirma que el gasto promedio en educación pública a nivel mundial en el 2017 fue superior a lo esperado: 4.4% del producto bruto interno. Sin embargo, 43 de 148 países han asignado un monto menor al valor mínimo referencial (15%) para la educación en sus respectivos países. Por otro lado, señala que existen tres fuentes principales de financiación: gobiernos, donantes y hogares. A continuación, se presenta un comparativo de los gastos a nivel mundial según la fuente.

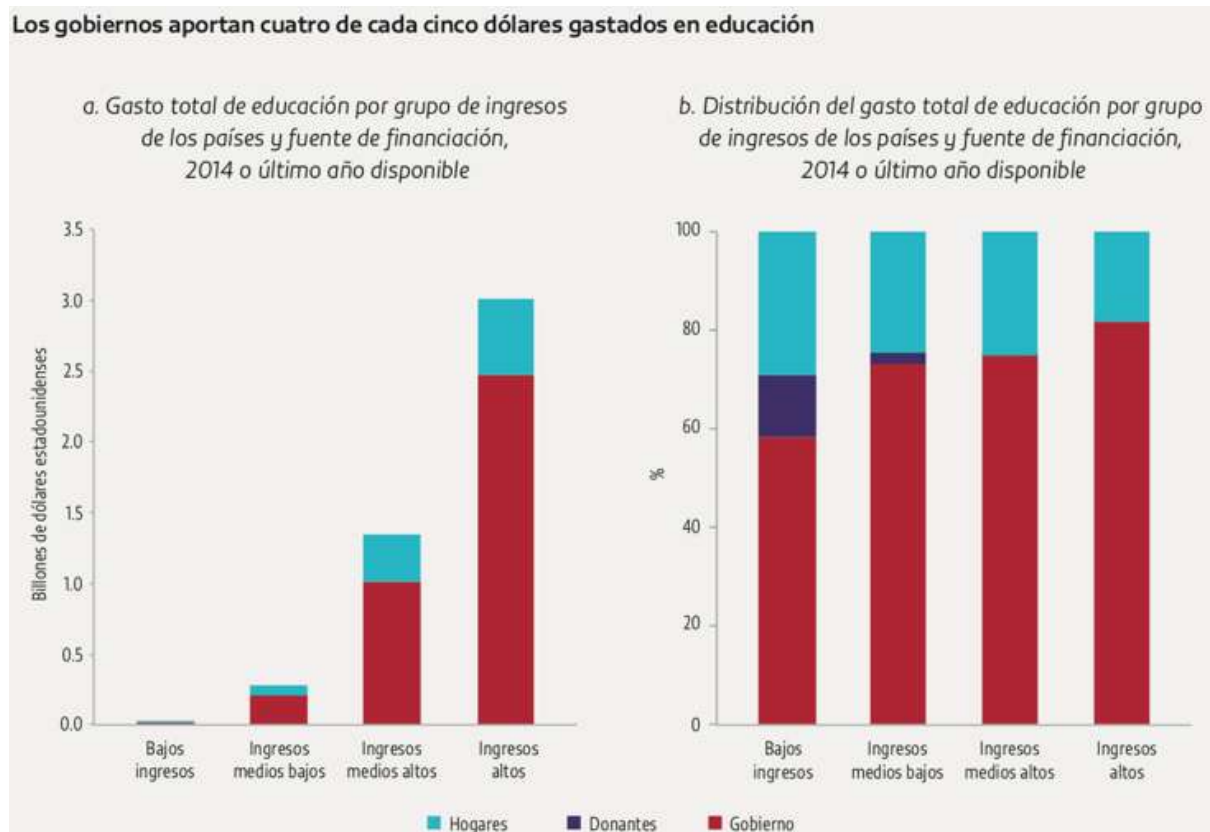


Figura 49: Los gobiernos aportan cuatro de cada cinco dólares gastados en educación.

Extraído de «Informe de seguimiento de la educación en el mundo - Migración, desplazamiento y educación: Construyendo puentes, no muros», de H. Clark, 2019

De acuerdo con el gráfico anterior, los gobiernos representan aproximadamente el 80% de la inversión total, seguido de los hogares y finalmente los donantes. Cabe resaltar que a pesar de que los países de bajos ingresos y los países de altos ingresos tienen similar número de niños en edad escolar, la inversión en educación es muchísimo menor en los países de bajos ingresos.

Banco Mundial (2017b) resalta que los estudiantes de países de bajos y medianos ingresos tienen menores oportunidades en el ambiente laboral debido a que la educación primaria y secundaria no les otorga los conocimientos necesarios para desempeñarse. Asimismo, menciona que la escolarización sin aprendizaje es una injusticia para aquellos niños y jóvenes de países de bajos y medianos ingresos. Por último, afirma que la educación es fundamental para eliminar la extrema pobreza ya que esta amplía las brechas sociales.

Por otra parte, según Clark (2019) solo el 69% de las Institución Educativas a nivel mundial cuenta con agua potable. A continuación, se presenta un gráfico para mayor detalle.

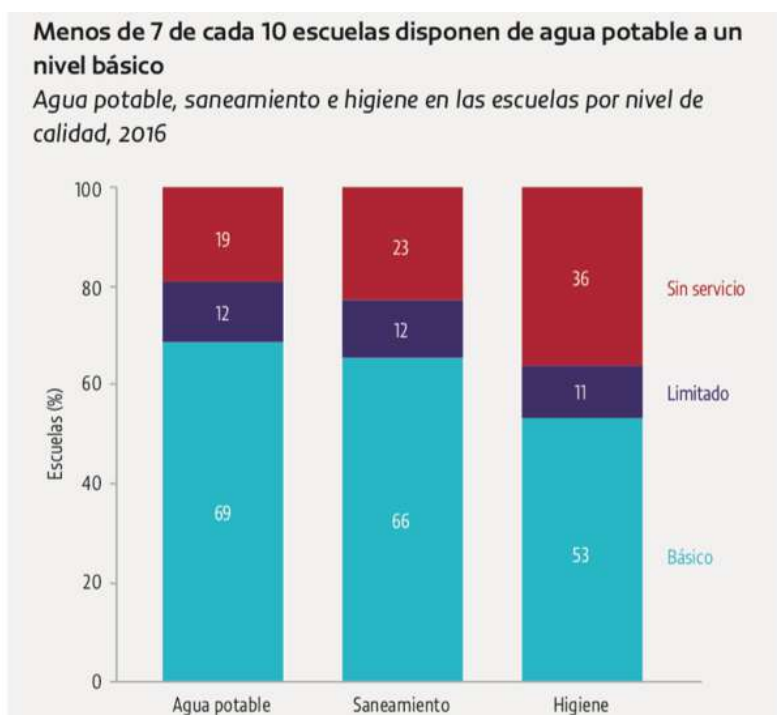


Figura 50: Menos de 7 cada 10 Institución Educativas disponen de agua potable a un nivel básico. Extraído de «Informe de seguimiento de la educación en el mundo - Migración, desplazamiento y educación: Construyendo puentes, no muros», de H. Clark, 2019

4.4.2. Análisis social

De la Cruz (2017) afirma que América Latina es una de las regiones con menor equidad en el mundo. La equidad no solo se expresa en términos monetarios sino también se refiere al acceso a salud, educación, información, entre otros. Todo lo mencionado anteriormente, contribuye al incremento de la desigualdad social, donde las clases sociales son totalmente heterogéneas, siendo la clase social A la más beneficiada.

Azoulay (2018), directora General de la UNESCO afirma que:

La alfabetización es el primer paso hacia la libertad, hacia la liberación de las restricciones sociales y económicas. Es la condición indispensable para el desarrollo

individual y colectivo. La alfabetización reduce la pobreza y la desigualdad, crea riqueza y ayuda a erradicar problemas de nutrición y salud pública. (p.1)

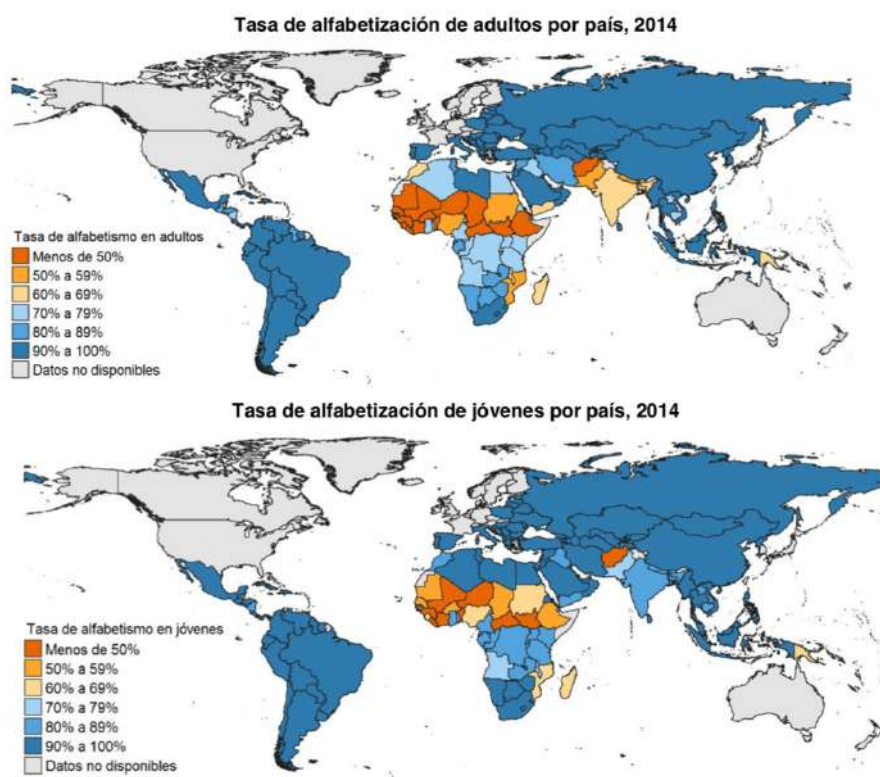


Figura 51: ¿Dónde están las tasas más bajas y más altas de alfabetización en el mundo?

Extraído de «50mo Aniversario del día internacional de la alfabetización: las tasas de alfabetización están en aumento, pero millones de personas siguen siendo analfabetas», de UNESCO Institute for Statistics, 2016.

Social Progress Imperative (2018) evalúa en seis niveles el progreso social. Por ejemplo, el Perú ocupa el puesto sesenta y uno con 70.09. Por otro lado, se identificó que el 93% de los países evaluados han mejorado su progreso social desde el 2014 al 2019; sin embargo, mundialmente se ha reducido el puntaje en derechos humanos e inclusión.

Figura 52: Social Progress Index rankings. Extraído de «2018 Social Progress Index Executive Summary», de Social Progress Imperative, 2018.

4.4.3. Análisis económico

De acuerdo con el Ministerio de Economía y Finanzas (2019a) el producto bruto interno (PBI) tuvo un crecimiento del 2.5% en el 2017 al 4.0% en el 2018 puesto que hubo una gran dinámica de inversión pública y privada. Principalmente, esto se debe a que la inversión minera se ha incrementado. Cabe resaltar que con este resultado, el Perú logró consolidarse como una de las economías con mayor crecimiento en la región, superando a Colombia con 2.6% y Brasil con 13%.

Sin embargo, según Busso, Cristia, Hincapié, Messina y Ripani (2017), el Perú es uno de los países de América Latina y Caribe con menor inversión en educación. El porcentaje del Producto Bruto Interno invertido es de 3.7% siendo el promedio de inversión de la región 5.1%.

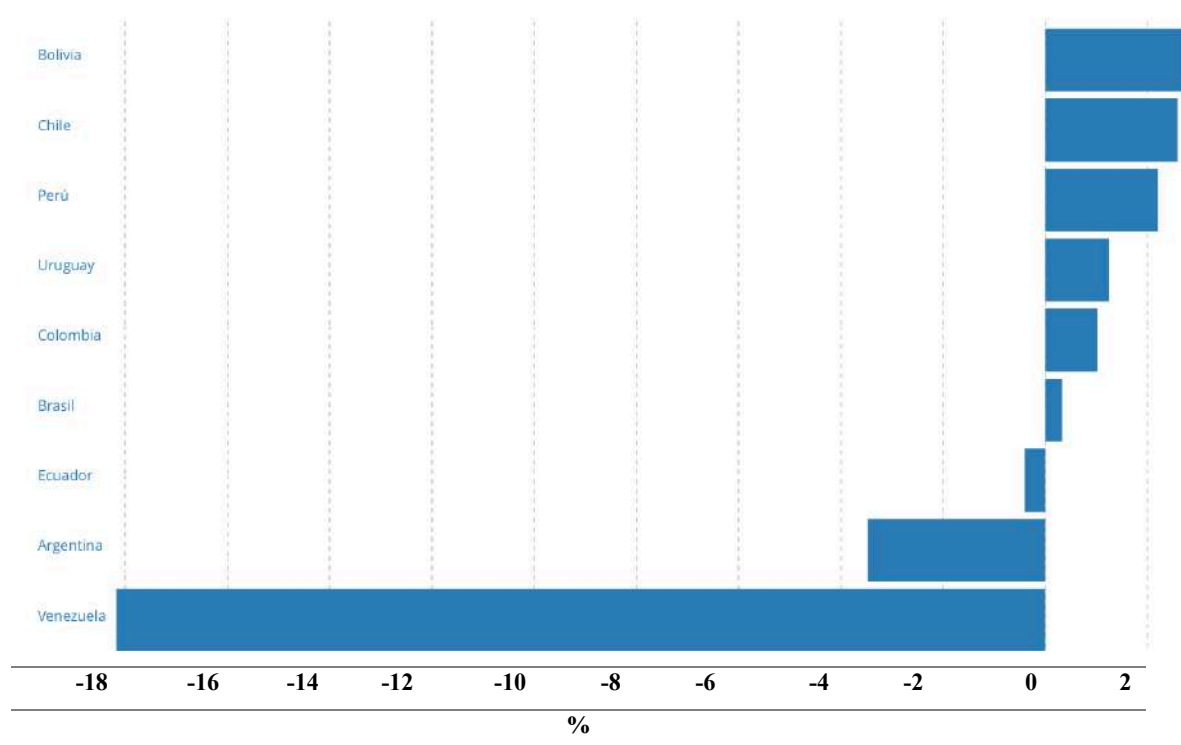


Figura 53: Crecimiento PIB per cápita año 2018 (% anual). Adaptado de «Crecimiento PIB per cápita (% anual)», de Banco Mundial, s.f.

4.4.4. Análisis político legal

A pesar de que la inversión en el sector Minero es atractiva para el crecimiento económico, la incertidumbre política actual acerca del adelanto de elecciones presidenciales y congresales ha ocasionado que haya una posición cautelosa. (“Credicorp Capital recomienda cautela para invertir en Perú por incertidumbre política y conflictos sociales”, 2019). Cabe resaltar que la incertidumbre política ocasiona que los inversionistas cambien sus decisiones de inversión a pesar de que el país crezca económicamente (“La incertidumbre política afecta la expansión del Perú”, 2018).

4.4.5. Análisis tecnológico

Sanmartin (2015) menciona que los sistemas educativos evolucionarán debido a los avances tecnológicos. En el 2030, el internet será la herramienta principal para la enseñanza puesto que generará entornos interactivos de aprendizaje cambiando radicalmente la metodología de enseñanza tradicional.

Uno de los casos más reconocidos sobre el avance tecnológico aplicado a la educación es Finlandia. Spiller (2017) afirma que la reforma del sistema a la era digital ha traído consigo grandes beneficios para los alumnos dado que ellos ya no dependen de libros ni de salones tradicionales para adquirir conocimientos. Esta nueva reforma ha logrado que los alumnos se encuentren en los primeros lugares a nivel mundial de acuerdo con las tablas de medición PISA. La educación en Finlandia les brinda las herramientas y habilidades necesarias para desarrollarse en la sociedad.

4.4.6. Análisis ambiental

En los últimos años, el Perú ha tenido un crecimiento económico considerable, no obstante, para asegurar la sostenibilidad es importante el crecimiento verde, el cual incentiva el empleo de los recursos de manera eficiente (Ministerio del Ambiente, 2016).

Banco Mundial (2007) manifiesta que la degradación ambiental da un costo económico de 8.2 billones de soles, es decir, resalta la importancia de invertir en proyectos que respeten

la calidad de vida y salud. En el 2018, la minería ilegal y el narcotráfico han destruido áreas protegidas (Mongabay, 2018). Esto no solo ocasiona pérdidas en términos económicos, si no que incrementa considerablemente el deterioro ambiental.

4.5. Análisis del microentorno o sector competitivo

4.5.1. Análisis de las fuerzas competitivas

El siguiente análisis se realizará según las 5 fuerzas de Porter con la finalidad de conocer el nivel de competencia dentro de la industria.

- **Poder de negociación de los proveedores**

La Institución Educativa N° 34030 pertenece al Estado peruano, es decir es altamente dependiente de los recursos que le otorga el Ministerio de Educación. Acorde a lo anterior, el proveedor no requiere poder de negociación ya que cualquier Institución Educativa pública debe cumplir con lo descrito en la ley peruana.

- **Poder de negociación de los clientes**

Yurajhuanca es una pequeña comunidad campesina que solo cuenta con una Institución Educativa de nivel primaria, por lo cual es sencillo para los padres de familia involucrarse en la educación de sus hijos. Sin embargo, cabe considerar que es una entidad del Estado, y existen ciertos parámetros que deben cumplir obligatoriamente, por ende, se puede interpretar que existe un nivel de negociación medio.

- **Barreras de entrada**

Debido a la demanda de educación primaria en Yurajhuanca, es poco probable que se creen nuevos establecimientos dado que la Institución Educativa N°34030 enseña a los únicos 67 niños entre 6 y 11 años que existen en la zona. Además, considerando que se requiere una alta inversión en infraestructura, la amenaza de ingreso de nuevos competidores es baja.

- **Rivalidad entre competidores**

No existe rivalidad entre competidores puesto que la Institución Educativa N° 34030 es la única en la zona para la enseñanza primaria.

- **Productos sustitutivos**

En la actualidad existen un gran número de Institución Educativas entre privadas y públicas alrededor del Perú. No obstante, en Yurajhuanca solo la Institución Educativa N°34030 se dedica a la educación primaria. De acuerdo a lo anterior, se puede inferir que no existen sustitutos en la zona en estudio.

Capítulo V: Desarrollo de la Solución

5.1. Determinación y evaluación de alternativas de solución

5.1.1. Identificación de los problemas y sus implicancias

Antes de identificar las alternativas de solución, es importante reconocer cuales son los problemas de la Institución Educativa; así como las consecuencias de estos.

Tabla 9: Problemas y consecuencias de la Institución Educativa

Nombre del Problema	Consecuencia
Falta de amplios espacios recreativos	Ausencia de actividades físicas Estrés y aburrimiento en los alumnos Incremento de factores de riesgo para la salud
Calidad del agua influye en la salud	Problemas de salud: diarreas, infecciones, parásitos intestinales, etc. Abandono escolar o ausencia a clases Aumento de la desigualdad social
Falta de acceso a internet	Limitado acceso a información Aumento de la desigualdad social
Presupuesto insuficiente	Falta de capacidad para invertir en la Institución Educativa Potencial reducción de costos y gastos

Nota: A partir de las debilidades halladas en la matriz FODA, se determinaron las consecuencias principales de cada una de ellas. (Elaboración propia)

5.1.1.1. Matriz de selección de los problemas relevantes

Con la finalidad de priorizar los problemas de la Institución Educativa, se utiliza el método de Hanlon, el cual considera cuatro criterios para la evaluación: severidad, magnitud, eficacia y factibilidad.

Tabla 10: Leyenda método de Hanlon

Leyenda	
Severidad	Gravedad o intensidad del problema
Magnitud	Nº de personas afectadas
Eficacia	Posibilidad de modificar el problema con los recursos y tecnologías actuales
Factibilidad	Incluye: pertinencia, factibilidad económica, aceptabilidad, disponibilidad de recursos y legalidad

Nota: Existen cuatro criterios para la evaluación de Hanlon: severidad, magnitud, eficacia y factibilidad. (Elaboración propia)

Tabla 11: Criterios método de Hanlon

Valores	Criterio 1: Severidad	Criterio 2: Magnitud	Criterio 3: Eficacia	Criterio 4: Factibilidad
0	Ninguna gravedad	Ninguna extensión	No hay posibilidad	No es factible
1	Muy poca grave	Muy poca extensión	Si hay posibilidad	Si es factible
2	Poca grave	Poca extensión	No aplica	No aplica
3	Medianamente grave	Medianamente extenso	No aplica	No aplica
4	Grave	Extenso	No aplica	No aplica
5	Muy grave	Muy extenso	No aplica	No aplica

Nota: Existen cuatro valores para la evaluación de los criterios de severidad y magnitud; en cambio, los criterios de eficacia y factibilidad solo utilizan dos valores. (Elaboración propia)

Tabla 12: Matriz de selección de problemas relevantes

Problema	Criterio 1	Criterio 2	Subtotal (Criterio 1 +2)	Criterio 3	Criterio 4	Total (Subtotal x Criterio 3 x Criterio 4)
Falta de amplios espacios recreativos	4	4	8	1	1	8
Calidad del agua influye en la salud	5	5	10	1	1	10
Falta de acceso a internet	3	3	6	1	1	6
Presupuesto insuficiente	3	3	6	1	1	6

Nota: El agua potable contaminada obtuvo la puntuación máxima, seguida de la falta de amplios espacios recreativos. (Elaboración propia)

De acuerdo con la tabla anterior, se puede identificar que el principal problema de la Institución Educativa N°34030 es que la calidad del agua no cumple con el DS N° 031-2010-SA; es decir, no es apta para el consumo humano. Sin embargo, la falta de amplios espacios recreativos es un problema que no debe ser ignorado puesto que también obtuvo una puntuación alta.

5.1.2. Descripción de las opciones de mejora o potenciales soluciones

Para el desarrollo de la solución del presente trabajo de investigación, es importante evaluar los objetivos derivados de los problemas identificados en la Institución Educativa N° 34030 Raúl Porras Barrenechea, de tal manera que se pueda reconocer fácilmente las brechas entre la situación actual y la situación deseada. A continuación, se presenta el análisis de brechas realizado.

Tabla 13: Análisis de brechas – (GAP)

Objetivos específicos críticos	Criterios	Situación actual	Situación Deseada	Brecha (GAP)	Actividades de corrección
Sugerir un sistema de purificación de agua	Concentración de hierro (mg/L)	0.49	< 0.3	0 a 0.19	<ul style="list-style-type: none"> - Evaluación de métodos de tratamiento - Diseño del sistema de purificación de agua - Desarrollo del sistema piloto - Análisis de calidad del agua - Evaluación de la eficacia y eficiencia del sistema piloto
	Concentración de turbiedad (NTU)	29	< 5	0 a 24	
	Concentración de cloro (mg/L)	5.2	< 5	0 a 0.2	
	Concentración de bacterias coliformes totales (NMP/100mL)	8	0	8	
	Concentración de bacterias coliformes fecales (NMP/100mL)	8	0	8	
	Concentración de organismos de vida libre (Cel/mL)	100	0	100	
Identificar la frecuencia y síntomas de enfermedades que presentan los alumnos y profesores	Síntomas de enfermedades	Desconocimiento de frecuencia de síntomas de enfermedades	Identificación de frecuencia y síntomas de enfermedades	Falta de información	<ul style="list-style-type: none"> • Recopilación de información proveniente de la IE N°34030 • Realización de encuesta a los alumnos y profesores
Identificar el porcentaje de	Alumnos desaprobados	Desconocimiento del porcentaje de alumnos	Identificación del porcentaje de alumnos	Información desactualizada	<ul style="list-style-type: none"> • Recopilación de información proveniente del Ministerio de

alumnos desaprobados del 2016 al 2018		desaprobados en el 2018	desaprobados en el 2018		Educación y de la directora de la IE N°34030
Identificar los mecanismos necesarios para asegurar la sostenibilidad del sistema de purificación de agua	Sostenibilidad institucional	No existe una relación entre las instituciones involucradas	Identificación de roles, tareas y responsabilidades con enfoque integrado para las instituciones involucradas	Falta de relación entre las instituciones involucradas	<ul style="list-style-type: none"> - Realizar plan de sostenibilidad - Determinar las acciones para promover la sostenibilidad - Identificación de las actividades de difusión, tareas y participantes
	Sostenibilidad tecnológica	Utilización de tecnologías no amigables con la realidad de la Institución Educativa	Identificación de tecnologías fáciles de utilizar y entender que satisfagan las necesidades de la Institución Educativa	Falta de tecnologías amigables con la realidad de la Institución Educativa	
	Sostenibilidad ambiental	Utilización de solo una fuente de energía no renovable	Identificación de dos fuentes de energía renovables	Falta de fuentes de energía renovable	
	Sostenibilidad social	Los miembros de la Institución Educativa no tienen una relación de confianza con la EPS Emapa Pasco	Identificación de programas de educación, capacitaciones y alianza estratégica para la Institución Educativa	Falta de relación de confianza con la EPS Emapa Pasco	
	Sostenibilidad económica	Financiación ineficiente para mantener la operatividad del sistema actual correctamente	Identificación de entidad comprometida y accesible para la financiación del proyecto	Falta de financiación para la operatividad correcta del sistema actual	

Nota: Para identificar la brecha entre la situación actual y la situación deseada, se utilizaron diversos criterios, los cuales son diferentes para cada objetivo. Además, a partir de la brecha identificada, se planteó las actividades de corrección para alcanzar la situación deseada. Es preciso señalar que, los valores de la situación deseada para el primer objetivo, se deriva de los límites permisibles del DS N° 031-2010-SA. Por otro lado, los valores de la situación deseada para el segundo objetivo, son producto del análisis económico de la situación sin proyecto, el cual se encuentra en el capítulo VI.

A partir de la información del análisis de brechas, se identificaron las actividades necesarias para alcanzar la situación deseada, las cuales se presentan a mayor detalle en el desarrollo del presente capítulo.

Por otra parte, según la matriz de selección de problemas relevantes (tabla N° 12), se identificó que el problema más grave de la Institución Educativa es que la calidad del agua influye en la salud de los alumnos y profesores. Por lo tanto, se seleccionaron y evaluaron los diversos métodos de purificación de agua existentes con el fin de elegir los métodos más adecuados a la realidad de la Institución Educativa y a las expectativas de este trabajo de investigación.

Antes de seleccionar y evaluar los diversos métodos de purificación de agua, se identificó que parámetros se van a evaluar. Como se mencionó anteriormente, los parámetros observados son: hierro, turbiedad, organismos de vida libre, cloro residual, bacterias coliformes (totales y fecales). A partir de esta información, se seleccionó que métodos son idóneos para la remoción de dichos parámetros. A continuación, se presenta las posibles soluciones.

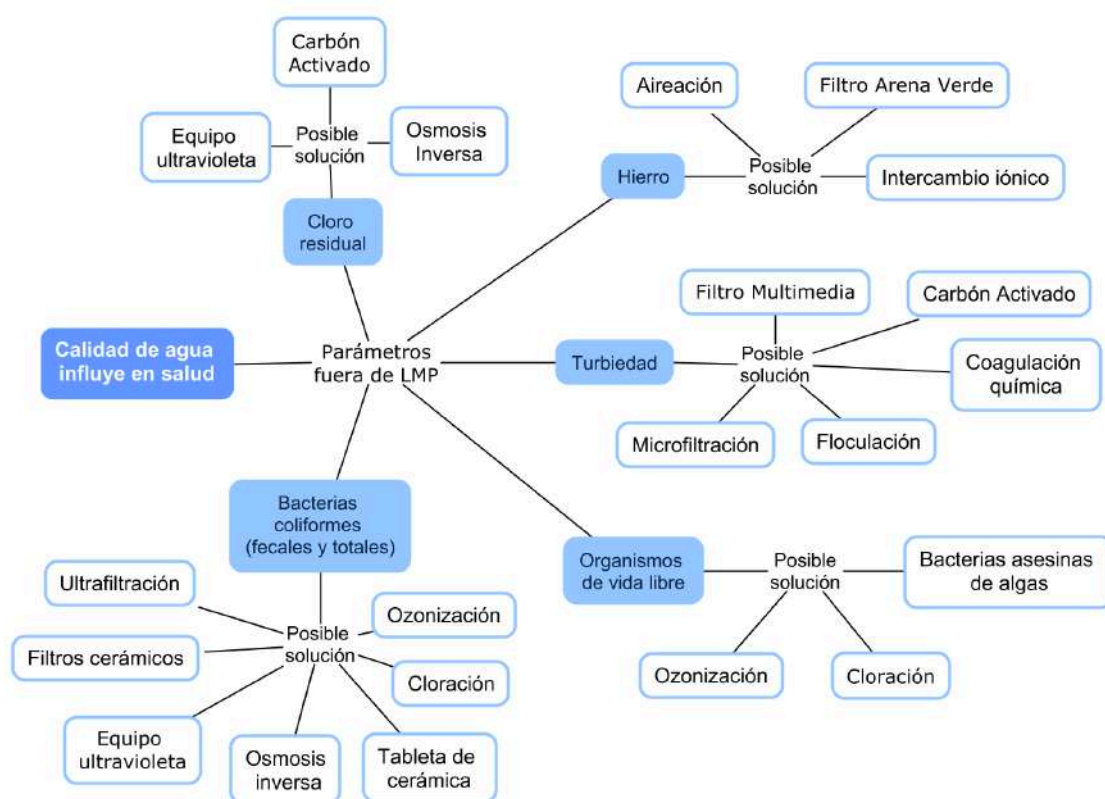


Figura 54: Potenciales soluciones al problema. (Elaboración propia)

Como se puede apreciar en la figura anterior, se han escogido posibles soluciones que facilitan el cumplimiento de los objetivos del presente trabajo de investigación.

5.1.3. Criterios para la selección de la mejor opción de solución

Con la finalidad de escoger los métodos de purificación más adecuados a la realidad de la Institución Educativa, se utilizaron 5 criterios para la evaluación: relevancia, factibilidad, eficiencia, eficacia e inversión. Es preciso señalar que se escogen los métodos con mayor puntaje.

A continuación, se define el significado de cada uno de los criterios de evaluación.

- **Relevancia:** Se refiere a la importancia que tendría la solución para la resolución del problema.
- **Factibilidad:** Se refiere a la disponibilidad de los recursos para su implementación.
- **Eficiencia:** Se refiere a la utilización de menos recursos para alcanzar el objetivo deseada.
- **Eficacia:** Se refiere a la capacidad de alcanzar el objetivo deseado.
- **Inversión:** Se refiere al monto que se requiere para adquirir o utilizar dicho método de purificación de agua.

Después de definir cada uno de los criterios, se realizó la matriz de evaluación de las potenciales soluciones. Cabe resaltar que los criterios son evaluados de acuerdo con la escala de Likert.

Tabla 14: Valores de evaluación de potenciales soluciones

Valores	Significado
5	Muy importante
4	Importante
3	Moderadamente importante
2	De poca importancia
1	Sin importancia

Nota: Los valores de evaluación son del 1 al 5. (Elaboración propia)

Tabla 15: Matriz de evaluación de las potenciales soluciones

Posibles Soluciones	Criterios					Total
	Relevancia	Factibilidad	Eficiencia	Eficacia	Inversión	
Carbón Activado	5	5	5	5	5	25
Equipo ultravioleta	5	5	5	5	3	23
Osmosis Inversa	5	4	4	5	1	19
Aireación	4	5	3	2	5	19
Arena Verde	5	5	5	5	5	25
Intercambio iónico	4	4	4	5	3	20
Filtro Multimedia	5	5	5	5	5	25
Coagulación química	4	3	4	5	2	18
Floculación	4	3	4	5	2	18
Microfiltración	5	4	3	3	5	20
Bacterias asesinas de algas	4	2	4	4	1	15
Cloración	5	5	5	5	5	25
Ozonización	4	4	4	4	1	17
Tableta de cerámica	4	3	4	4	2	17
Filtros cerámicos	4	3	4	4	1	16
Ultra filtración	5	3	4	5	3	20

Nota: El carbón activado, la arena verde, la cloración y el filtro multimedia obtuvieron un puntaje de 25, seguido del equipo ultravioleta con 23. (Elaboración propia)

Como se mencionó anteriormente, los métodos con mayor puntaje son los elegidos para el desarrollo del sistema de purificación de agua. Estos son: carbón activado, equipo ultravioleta, arena verde, filtro multimedia y cloración.

5.2. Propuesta solución

5.2.1. Planeamiento y descripción de actividades

Para identificar las fases idóneas del presente trabajo se toma como referencia la Norma Técnica Os.020: Planta de tratamiento de agua para consumo humano (PTAP) del Reglamento Nacional de Edificaciones del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, la cual establece los criterios básicos de diseño para el desarrollo de una PTAP.

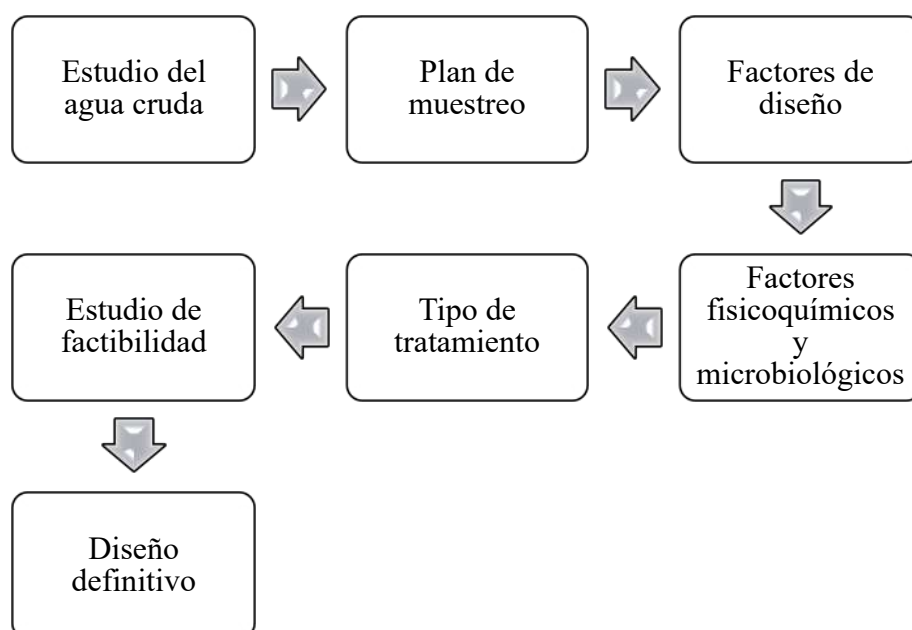


Figura 55: Criterios de la Norma Técnica Os. 020. Adaptado de «Reglamento Nacional de Edificaciones», de Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2006. (Elaboración propia)

Adicional a lo señalado en la Norma Técnica Os.020, se revisó las diversas metodologías utilizadas en investigaciones similares a la presente con la finalidad de analizar las buenas prácticas. A continuación, se presenta un cuadro comparativo con dicha información.

Tabla 16: Comparativo de metodologías

N°	Autor			
	Concha y Guillén (2014)	Díaz (2017)	Lugo (2017)	Peña y Sánchez (2011)
1	Selección del tema de investigación	Recopilación de información técnica PTAP	Evaluación de la calidad del agua	Inspección de la PTAP
2	Recopilación bibliográfica y de campo del tema	Visita a la PTAP	Determinación de coagulantes naturales	Recopilación de información técnica de la PTAP
3	Identificar las posibles alternativas de la solución	Análisis fisicoquímico de la muestra	Determinación de las alternativas debajo costo para el tratamiento	Pruebas hidráulicas
4	Análisis técnico y económico de las alternativas de solución	Elaboración de alternativas	-	Muestreos
5	Análisis e interpretación de los resultados	Descripción de alternativas	-	Caractertizaciones fisioquímicas y microbiológicas
6	Conclusiones y recomendaciones	Entrega del proyecto final	-	Diseño de alternativas
7	Elaboración del informe final	-	-	Identificación de aspectos económicos y ambientales de cada alternativa

Nota: No existe una metodología única para el mejoramiento de sistemas de purificación de agua potable; sin embargo, todas se asemejan en la identificación y evaluación de las alternativas.

Tomando en consideración la Norma Técnica Os.020, las buenas prácticas y los objetivos del presente trabajo, se adaptó la información presentada anteriormente dando como

resultado seis fases que se utilizan para el desarrollo de la solución. Seguidamente, se explica cada una de las fases.

Fase I: Evaluación de la calidad del agua

La primera fase tiene como objetivo identificar la situación actual de la localidad de Yurajhuanca y de la Institución Educativa N°34030 con respecto a la calidad del agua. Para lograr esto, se han establecido las siguientes actividades:

- Visitar a la Institución Educativa N°34030
- Visitar al presidente de la comunidad
- Identificar y analizar las fuentes de abastecimiento disponibles
- Realizar estudio de calidad del agua a la fuente de abastecimiento disponible de la Institución Educativa N° 34030
- Identificar la frecuencia y síntomas de enfermedades que presentan los alumnos y profesores de la Institución Educativa N° 34030
- Identificar la cantidad de alumnos desaprobados del 2016 al 2018

Fase II: Diseño del sistema de purificación de agua

La segunda fase tiene como objetivo identificar el método más idóneo para purificar el agua de la Institución Educativa. Por este motivo se realizan las siguientes actividades:

- Identificar la capacidad, ubicación y área del sistema de purificación de agua
- Revisar los factores de diseño: facilidades de acceso y tratamiento; y disponibilidad de energía
- Evaluar los métodos de purificación disponibles
- Seleccionar el tipo de tratamiento más adecuado a la situación actual
- Realizar diseño a mano alzada del sistema de purificación
- Realizar diseño en el programa Autodesk Inventor de acuerdo con la demanda de la Institución Educativa

Fase III: Desarrollo del sistema piloto de purificación de agua

La tercera fase tiene como finalidad armar el sistema piloto en escala 1 a 10. En primer lugar, se identifican los componentes necesarios para el sistema. En segundo lugar, con ayuda

de un ingeniero colegiado con experiencia en plantas de tratamiento de agua, se desarrolla el sistema piloto. Finalmente, se corrobora el ensamblado del sistema para evitar posibles fugas durante la prueba.

Fase IV: Evaluación de la eficacia y eficiencia del sistema piloto de purificación de agua

La cuarta fase busca evaluar la eficacia y eficiencia del sistema piloto de tal manera que permita verificar si el sistema propuesto para la IE cumple con el objetivo general del presente trabajo. En términos generales, se considera que el sistema piloto es eficaz si logra reducir la concentración de los parámetros observados a sus respectivos límites máximos permisibles. Asimismo, se considera que el sistema piloto es eficiente si logra que los valores que están por encima de los límites máximos permisibles se encuentren dentro del rango permitido sin la utilización de una mayor cantidad de recursos a los ya asignados.

Para identificar el número de muestras que se requiere para probar el sistema piloto, se utiliza el diseño factorial. Este permite identificar si hay relación entre los parámetros observados y las etapas del sistema de purificación de agua. Cabe resaltar que en caso se determine que el sistema piloto no sea eficaz o eficiente, se realizarán las mejoras necesarias hasta que cumpla con el objetivo.

Fase V: Establecimiento de mecanismos para mantener la operatividad

En la quinta fase se establecerán los mecanismos para mantener la operatividad del sistema de purificación de agua. Los mecanismos serán desarrollados para cada plan de sostenibilidad. Por ejemplo: capacitaciones, programas, alianzas estratégicas, entre otros.

Fase VI: Difusión de resultados

Finalmente, en la sexta fase se difundirán los resultados obtenidos en la Institución Educativa (IE). Estos resultados serán enviados a la directora de la IE y al presidente de la comunidad para su respectiva evaluación e implementación en un futuro cercano.

5.2.2. Ingeniería de requerimientos

Se considera que la ingeniería de requerimientos es aquel proceso por el cual se recopila, analiza y verifica las necesidades de la Institución Educativa N°34030 Raúl Porras Barrenechea.

Con la finalidad de satisfacer los requerimientos de la Institución Educativa N°34030 Raúl Porras Barrenechea para mejorar la calidad del agua, se ha considerado dos clases de requisitos: funcionales y no funcionales.

Los requisitos funcionales son aquellos que están relacionados directamente con la operatividad del sistema de purificación de agua, en cambio, los requisitos no funcionales se relacionan directamente con las propiedades del sistema como: mantenimiento, adaptabilidad, entre otros.

Tomando en consideración el objetivo de la presente investigación, los resultados de las entrevistas, encuestas realizadas y estudios sobre la situación actual del sistema de abastecimiento y calidad del agua, se elaboró la relación final de los requerimientos.

✓ Requisitos funcionales:

- **R001:** Reducción de las bacterias coliformes totales y fecales
El sistema de purificación de agua permitirá reducir el nivel de concentración de las bacterias coliformes totales a su límite máximo permisible.
- **R002:** Reducción de hierro
El sistema de purificación de agua permitirá reducir el nivel de concentración de hierro a su límite máximo permisible.
- **R003:** Reducción de turbiedad
El sistema de purificación de agua permitirá reducir el nivel de concentración de turbiedad a su límite máximo permisible.
- **R004:** Reducción de organismos de vida libre
El sistema de purificación de agua permitirá reducir el nivel de concentración de organismos de vida libre a su límite máximo permisible.
- **R005:** Reducción de cloro

El sistema de purificación de agua permitirá reducir el nivel de concentración de cloro a su límite máximo permisible.

- **R006:** Sistema capaz de suplir a toda la Institución Educativa

El sistema posee la capacidad de suplir una demanda de 5 litros por persona por día. Este sistema está diseñado para suplir a todos los alumnos y profesores hasta por 10 años, es decir, 114 personas.

- **R007:** Fuente de abastecimiento de agua confiable y segura

El sistema provee de agua apta para el consumo de manera confiable y segura, además, puede ser fuente para la preparación de alimentos.

- **R008:** Reducción del nivel de concentración de todos los parámetros observados a sus respectivos límites máximos permisibles.

El sistema podrá remover el nivel de concentración de todos los parámetros observados a sus respectivos límites máximos permisibles

✓ **Requisitos no funcionales:**

- **R009:** Funcionamiento con fuente de energía alternativa

El sistema puede funcionar conectado al toma corriente, pero también tiene la capacidad de funcionar con energía renovable, convirtiendo la energía cinética en eléctrica a través del pedaleo con bicicletas estáticas y mediante paneles solares.

- **R010:** Incremento de la actividad física de los alumnos

El sistema promoverá la actividad física de los alumnos debido a que requiere que se utilicen bicicletas estáticas para generar la energía.

- **R011:** Adaptabilidad del sistema

El sistema está diseñado para abastecer de agua a la Institución Educativa por al menos 10 años; además, es posible incrementar en su capacidad después de pasado dicho tiempo.

- **R012:** Fácil mantenimiento del sistema

El sistema no requiere de personal altamente especializado o de implementos sofisticados para realizar el mantenimiento.

5.2.3. Desarrollo de actividades

Fase I: Evaluación de la calidad del agua

La primera fase es la evaluación de la calidad del agua, por tal motivo, se realizó una visita a la Institución Educativa (IE) N°34030. En la visita realizada el 11 de marzo del 2019, se identificó que la IE cuenta con 4 caños en el patio, los cuales son utilizados por los alumnos y profesores.

Además, en la entrevista brindada por la directora de la Institución Educativa, Sra. Felinda Usuriaga, ella mencionó que los profesores y padres de familia a pesar de no contar con algún estudio de la calidad del agua son conscientes de que esta no es apta para el consumo ya que pueden observar con facilidad que se encuentra con turbiedad. Como medida correctiva, han colocado recipientes de agua en cada salón para que los niños puedan hidratarse; sin embargo, el llenado y la frecuencia de renovación es responsabilidad de los padres de familia; es decir, todos los salones no cuentan con agua al mismo tiempo ni de la misma calidad o cantidad. Además, la directora señaló que principalmente utilizan el agua proveniente del ojo de agua para abastecer los recipientes.



Figura 56: Entrevista con la directora de la IE N°34030. (Elaboración propia)



Figura 57: Recipiente de agua en salón de clase de la IE N° 34030. (Elaboración propia)

No obstante, a pesar de que han implementado una medida correctiva, los alumnos siguen en contacto con el agua contaminada dado que la utilizan diariamente para lavar sus utensilios de comida como vasos, platos y cubiertos. Inclusive, la utilizan para hidratarse o para lavarse las manos cuando su salón no cuenta con agua.



Figura 58: Alumnos lavando sus cubiertos en la IE N° 34030. (Elaboración propia)



Figura 59: Alumnos utilizando el agua contaminada de la IE N° 34030. (Elaboración propia)

Por otra parte, con la finalidad de identificar la percepción de los alumnos y profesores con respecto a los síntomas que han podido sufrir durante el último año, se realizó una encuesta

el día 15 de marzo del 2019 a los 73 miembros de la Institución Educativa para determinar la frecuencia y los síntomas más recurrentes en la IE N° 34030 Raúl Porras Barrenechea.

Tabla 17: Frecuencia de síntomas en la IE N°34030

Síntomas	Diario	Semanal	Mensual	Bimensual	Trimestral	Semestral	Anual	Nunca
Dolores abdominales	0.00%	4.11%	64.38%	20.55%	6.85%	4.11%	0.00%	0.00%
Cansancio	8.22%	26.03%	45.21%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	20.55%
Fiebre	0.00%	0.00%	15.07%	20.55%	26.03%	0.00%	5.48%	32.88%
Deposiciones flojas y acuosas	0.00%	0.00%	28.77%	19.18%	8.22%	0.00%	0.00%	43.84%
Dolor de cabeza	0.00%	0.00%	12.33%	19.18%	4.11%	0.00%	0.00%	64.38%
Escalofríos	0.00%	0.00%	0.00%	5.48%	10.96%	4.11%	2.74%	76.71%
Náuseas	0.00%	1.37%	2.74%	2.74%	2.74%	10.96%	1.37%	77.93%
Vómito	0.00%	0.00%	0.00%	1.37%	4.11%	8.22%	6.85%	79.45%
Infecciones urinarias	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	1.37%	5.48%	93.15%
Mareo y vértigo	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	1.37%	4.11%	94.52%
Desmayos	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	2.74%	97.26%

Nota: Los porcentajes son en base a 73 personas entre alumnos y profesores. (Elaboración propia)

Según la tabla N° 17, el síntoma más recurrente entre los alumnos y profesores son los dolores abdominales ya que más del 60% de personas sufren de este mensualmente. De acuerdo con *National Institute of Diabetes and Digestive and Kidney Diseases* (2016), el dolor abdominal está relacionado con la diarrea. Además, según la OMS (s.f.) la diarrea es la segunda causa de muerte de niños menores de 5 años en el mundo.



Figura 60: Recopilación de la percepción de los alumnos de la IE N° 34030 – I. (Elaboración propia)



Figura 61: Recopilación de la percepción de los alumnos de la IE N°34030 – II. (Elaboración propia)

Como se mencionó anteriormente en el capítulo I, una de las causas del bajo rendimiento escolar es el consumo de agua contaminada por tal motivo se ha recopilado información de los indicadores de la página web de Estadística de la Calidad Educativa (Escale) del Ministerio de Educación (2019b) con el fin de conocer el porcentaje de niños desaprobados a nivel de Pasco, Simón Bolívar y sector rural.

Tabla 18: Porcentaje de niños desaprobados en el año 2016, 2017 y 2018 a nivel de Pasco, Simón Bolívar y sector rural

	Pasco			Rural			Simón Bolívar		
	2016	2017	2018	2016	2017	2018	2016	2017	2018
1°	0.02%	0.05%	0.09%	0.069%	0.078%	0.083%	0.00%	0.00%	0.44%
2°	6.00%	5.70%	6.20%	10.63%	10.70%	10.39%	0.00%	2.55%	1.41%
3°	5.46%	4.52%	4.32%	9.67%	9.32%	8.72%	1.99%	2.01%	2.06%
4°	3.46%	3.40%	3.32%	6.04%	6.34%	5.77%	0.47%	2.17%	1.67%
5°	2.90%	2.72%	2.63%	4.57%	4.97%	4.55%	0.55%	0.93%	0.00%
6°	1.22%	1.05%	1.38%	2.07%	2.24%	2.14%	0.52%	0.00%	0.00%

Nota: 1° = primer grado de primaria, 2° = segundo de grado primaria, 3° = tercer grado de primaria, 4° = cuarto grado de primaria, 5° =quinto grado de primaria, 6° = sexto grado de primaria.

Según la tabla N° 18, la cantidad de alumnos de primer grado de primaria desaprobados ha incrementado desde el 2016 al 2018 tanto a nivel de departamento, distrito y sector. A pesar de que en la mayoría de los casos se ha reducido la cantidad de alumnos desaprobados, la reducción no es sustancial por tal motivo se puede deducir que las medidas preventivas no han logrado que el porcentaje de desaprobados sea igual o similar a cero.

Adicionalmente, se consultó a la directora de la Institución Educativa (IE), cual era el número de alumnos desaprobados desde el 2016 al 2018; sin embargo, debido al cambio de gestión administrativa de la IE, no se contaba con información precisa. No obstante, se realizó las siguientes aproximaciones en base a su experiencia como profesora del centro.

Tabla 19: Porcentaje de niños desaprobados en el año 2016, 2017 y 2018 en la IE N° 34030

	Institución Educativa N° 34030		
	2016	2017	2018
1°	0.00%	0.00%	10.00%
2°	0.00%	18.18%	8.33%
3°	10.00%	20.00%	20.00%
4°	0.00%	20.00%	9.09%
5°	0.00%	10.00%	0.00%
6°	0.00%	0.00%	0.00%

Nota: Un salón de clases posee en promedio 10 alumnos

Según la tabla N° 19, se puede deducir que principalmente los alumnos de primer y tercer grado de primaria tienen problemas de aprendizaje. Al igual que en la tabla anterior, los números no presentan cambios importantes por ende se puede inferir que la IE tampoco ha podido implementar medidas efectivas que logren eliminar el número de desaprobados en su totalidad.

Por otro lado, el día 22 de marzo del 2019 se realizó una visita al Sr. Deyvis Zarate, presidente de la comunidad campesina de Yurajhuanca, quién recaló su preocupación con respecto a la contaminación del agua y la salud de la población. Asimismo, mencionó que dicha contaminación se ha incrementado con el pasar de los años, y aún no cuentan con la ayuda necesaria para solucionar el problema. También, señaló que los pobladores consideran que la única fuente de abastecimiento confiable es un ojo de agua (*puquio*) ubicado a más de 20 minutos caminando desde la IE. Por otra parte, debido al tiempo que demora llegar hasta dicho

lugar para llenar los baldes, muchos de los pobladores optan por utilizar el agua de la red pública para su higiene y la preparación de alimentos a pesar de que reconocen que está se encuentra contaminada. La única medida accesible que toman para “desinfectarla” es hervirla antes de utilizarla.

Luego de culminar las visitas, se tomó una muestra de agua del tercer caño del patio de la Institución Educativa (contando de izquierda a derecha) para determinar los niveles de concentración de los parámetros observados: turbiedad, hierro, bacterias coliformes totales, bacterias coliformes fecales, cloro y organismos de vida libre.

Esta muestra fue enviada al laboratorio de ensayos: Sociedad de Asesoramiento Técnico SAC (RUC: 20117411185 con registro de acreditación de INACAL: LE-009), el cual obtuvo los siguientes resultados.

Tabla 20: Resultados del análisis de agua I

Ensayos	Unidad	LMP	Resultados
Coliformes totales	NMP/100mL	0	>8.0
Coliformes fecales	NMP/100mL	0	>8.0
Hierro	mg/L	0.3	0.49
Turbiedad	NTU	5	29
Cloro	mg/L	5	5.2

Nota: A excepción del cloro, todos los demás parámetros se encuentran notoriamente superior a los límites máximo-permisibles. LMP= Límites máximo-permisibles.

Tabla 21: Resultados del análisis de agua II

Organismos de vida libre (Fitoplancton)			
Género/Especie	Unidad	LMP	Resultados
Navícula sp	Cel/ mL	0	10
Cymbella sp		0	7
Gomphonema sp		0	1
Epithemia sp		0	1
Epithemia adnata		0	1

Synedra sp		0	2
-------------------	--	---	---

Nota: La concentración superior al límite máximo-permisible de cualquier organismo de vida libre altera la calidad del agua puesto que dificulta su tratamiento. LMP= Límites máximo-permisibles.

Tabla 22: Resultados de análisis de agua III

Organismos de vida libre (Zooplankton)			
Género/ Especie	Unidad	LMP	Resultados
Lecane sp	Org/L	0	100

Nota: Los organismos de vida libre del tipo Lecane sp son parte de los rotíferos, los cuales residen en agua dulce y pertenecen a la cadena alimenticia del lugar. Sin embargo, estos no solo alteran el pH, olor, sabor, turbiedad y color del agua, sino que transportan agentes microbianos (Aurazo, 2004). Se puede observar que existen 100 org/L en la muestra, de lo cual se puede inferir que estos podrían ser una de las causas de la turbiedad del agua. LMP= Límites máximo-permisibles.



Figura 62:Figura de Lecane sp. Extraído de «El rotífero lecan», 2009

De acuerdo con las tablas presentadas, todos los parámetros observados están fuera de los límites máximos permisibles del DS N° 031-2010-SA. En conclusión, el agua del caño de la Institución Educativa no es apta para el consumo humano.

Como se mencionó anteriormente, el agua de la red pública tanto para la Institución Educativa como para la comunidad campesina de Yurajhuanca proviene de la Planta de Tratamiento de Agua Potable de Yurajhuanca (PTAP), la cual es administrada por la EPS Emapa Pasco SA. Según la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (Sunass, 2013) la PTAP no funciona eficientemente por la falta de renovación de medios filtrantes y de

insumos químicos. Asimismo, señala que la empresa EPS Emapa Pasco S.A. solo cuenta con equipos básicos para el monitoreo de la calidad del agua, e inclusive lo utilizan de manera limitada por falta de recursos para la implementación y compra de los reactivos químicos requeridos.

De acuerdo con la información de la Sunass, se puede deducir que la falta de recursos para la operación y mantenimiento de la PTAP perjudica su funcionamiento ocasionando que el agua tratada no cumpla con los límites máximos permisibles del DS N°031-2010-SA.

Por otro lado, para conocer la percepción de los padres de familia acerca de la situación de la IE N° 34030, el día 16 de abril del 2019 a las 7:30am, se realizaron 3 encuestas. Los temas de las encuestas fueron: el abastecimiento de agua, el consumo de agua y el ausentismo escolar. A continuación, se presentan los resultados.

- Encuesta acerca del abastecimiento de agua

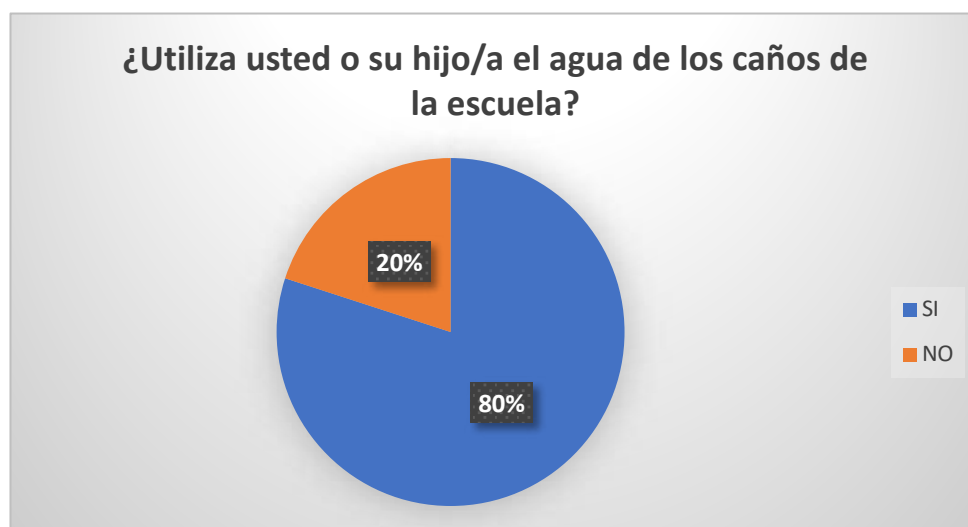


Figura 63: Resultados de la primera pregunta de la ficha de la encuesta de abastecimiento de agua. (Elaboración propia)

Según la figura N° 63, el 80% de los padres de familia entrevistados señalan que sus hijos utilizan el agua de los caños de la Institución Educativa N°34030 Raúl Porras Barrenechea. En otras palabras, la gran mayoría de los padres son conscientes de que sus hijos utilizan dicha agua para su higiene personal e inclusive para hidratarse.

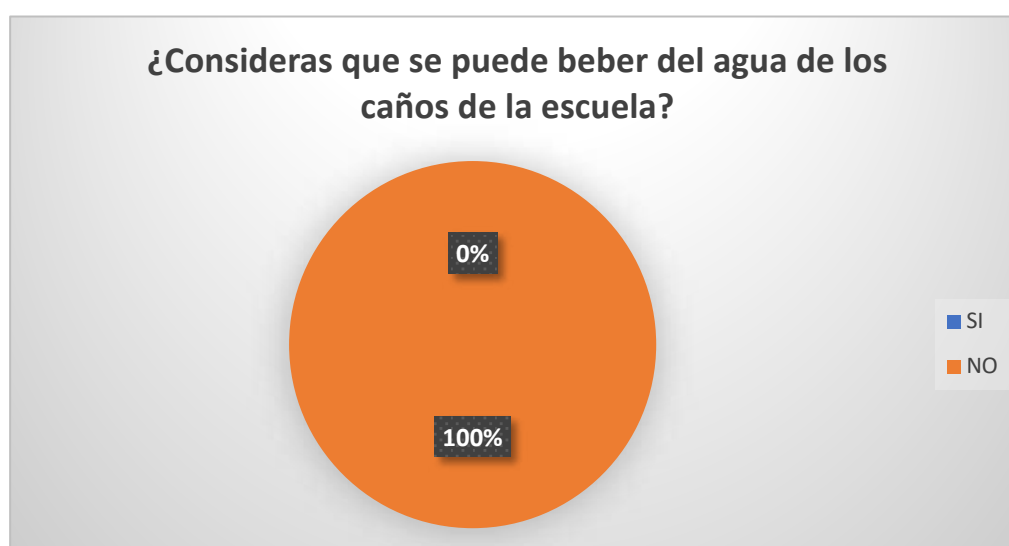


Figura 64: Resultados de la segunda pregunta de la ficha de la encuesta de abastecimiento de agua. (Elaboración propia)

Según la figura N° 64, el 100% de los padres de familia entrevistados consideran que el agua de los caños de la Institución Educativa N°34030 Raúl Porras Barrenechea no puede ingerirse. En otras palabras, la consideran no apta para el consumo humano.

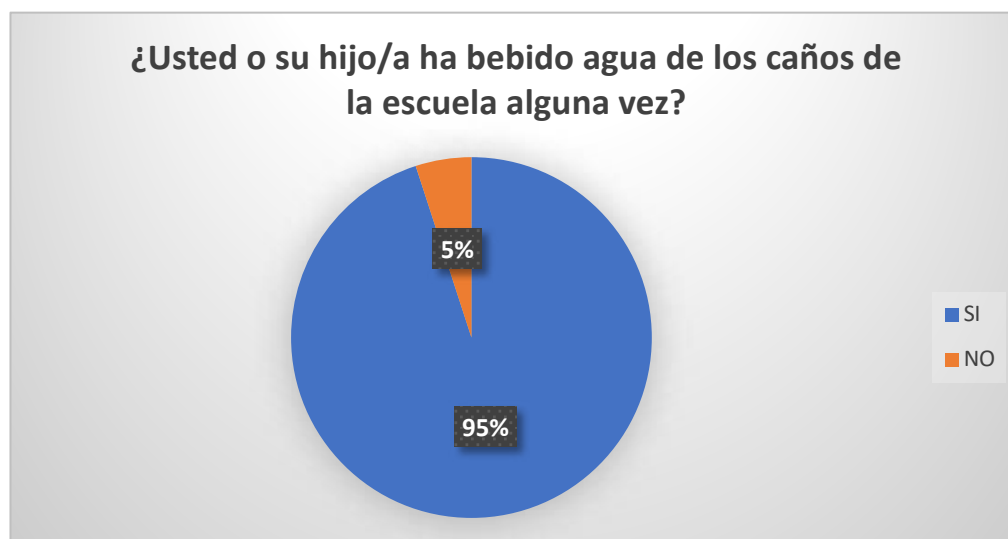


Figura 65: Resultados de la tercera pregunta de la ficha de la encuesta de abastecimiento de agua. (Elaboración propia)

Según la figura N° 65, el 95% de los padres de familia entrevistados señalan que ellos o sus hijos han utilizado los caños de la Institución Educativa N°34030 Raúl Porras Barrenechea al menos una vez. Se puede inferir que, a pesar de que en la pregunta anterior señalaron que el agua no es bebible, han utilizado dicha agua por necesidad.

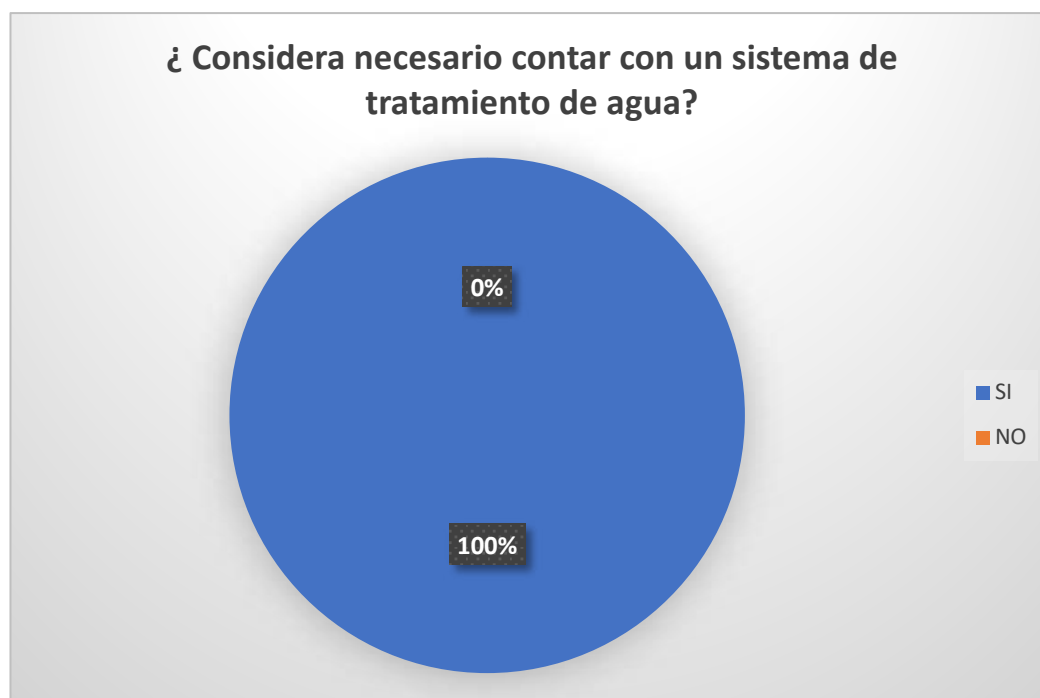


Figura 66: Resultados de la cuarta pregunta de la ficha de la encuesta de abastecimiento de agua. (Elaboración propia)

Según la figura N° 66, el 100% de los padres de familia entrevistados consideran necesario un sistema de tratamiento de agua para la Institución Educativa N°34030 Raúl Porras Barrenechea.

- Encuesta acerca del consumo de agua

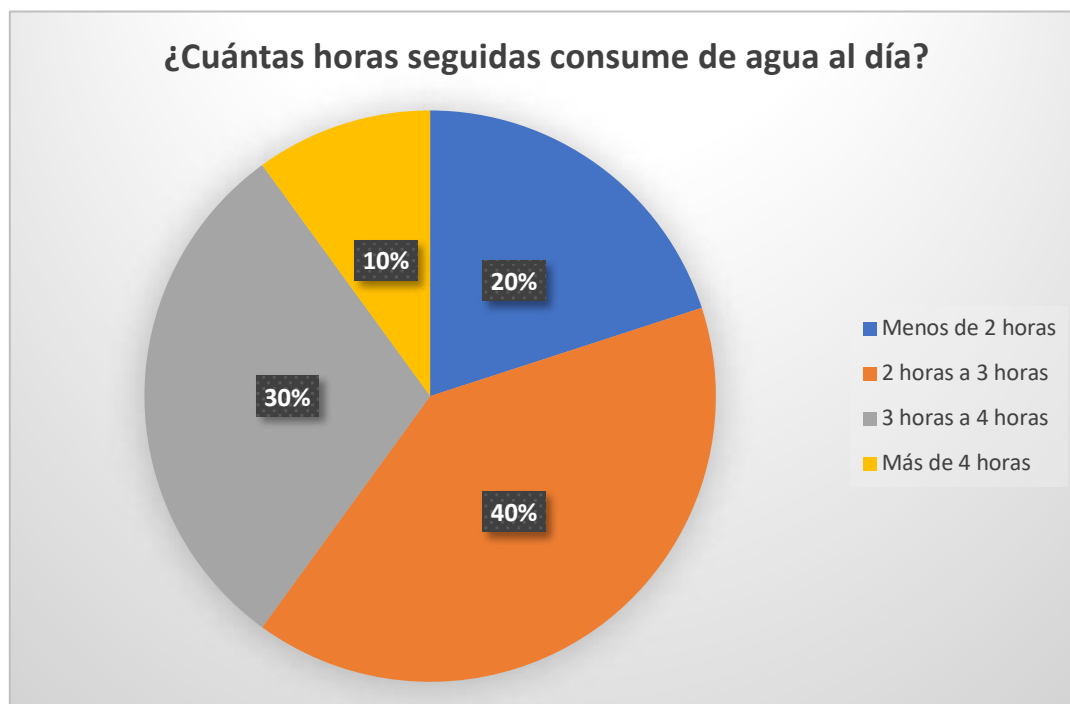


Figura 67: Resultados de la primera pregunta de la ficha de la encuesta sobre el consumo de agua. (Elaboración propia)

Según la figura N° 67, el 40% de los padres de familia entrevistados señalan que consumen entre 2 a 3 horas de agua seguidas. Se puede inferir que en promedio utilizan 2.5 horas de agua seguidas.

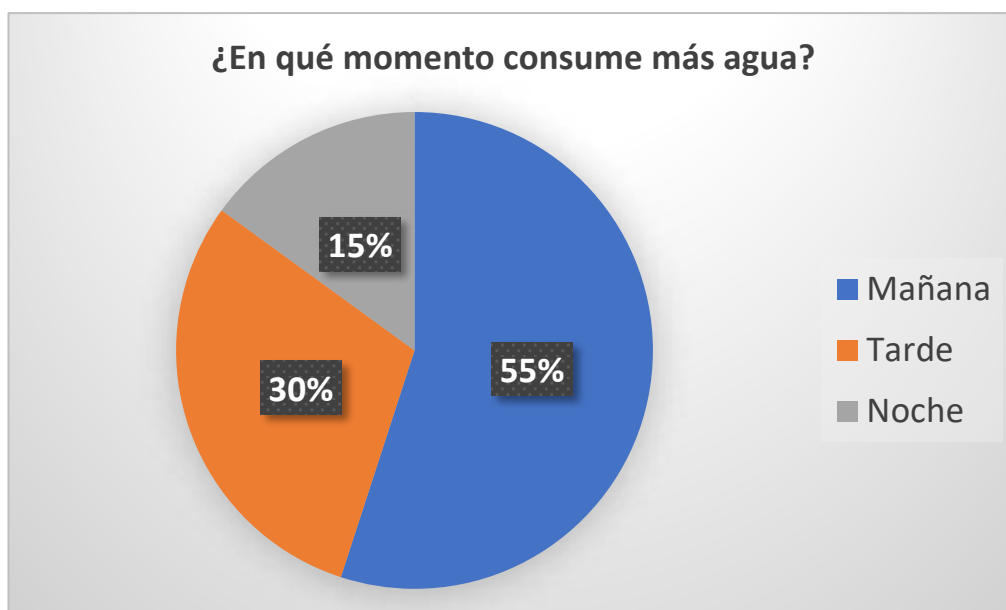


Figura 68: Resultados de la segunda pregunta de la ficha de la encuesta sobre el consumo de agua. (Elaboración propia)

Según la figura N° 68, el 55% de los padres de familia entrevistados señalan que consumen mayor cantidad de agua en la mañana; el 30% consumen en la tarde y el 15% consumen mayormente en la noche.

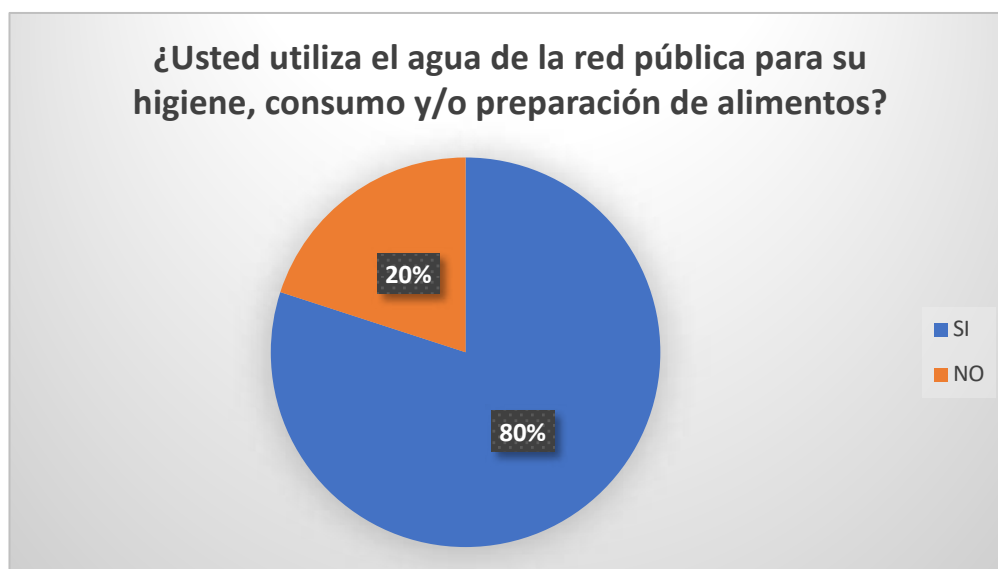


Figura 69: Resultados de la tercera pregunta de la ficha de la encuesta sobre el consumo de agua. (Elaboración propia)

Según la figura N° 69, el 80% de los padres de familia entrevistados señalan que utilizan el agua de la red pública para su higiene, consumo y/o preparación de alimentos.

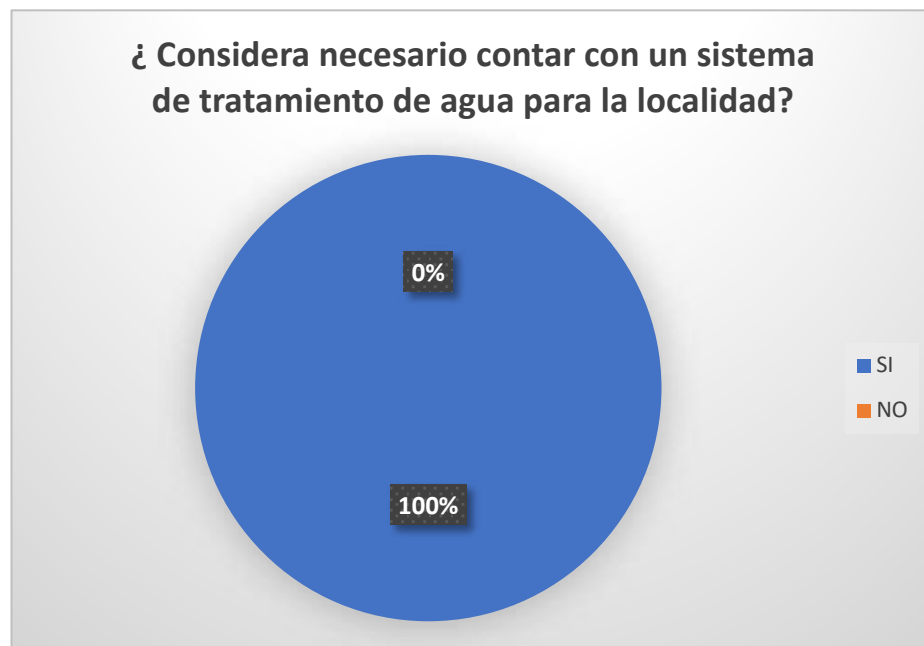


Figura 70: Resultados de la cuarta pregunta de la ficha de la encuesta sobre el consumo de agua. (Elaboración propia)

Según la figura N° 70, el 100% de los padres de familia entrevistados consideran necesario contar con un sistema de tratamiento de agua para la comunidad campesina de Yurajhuanca.

- Encuesta acerca del ausentismo escolar

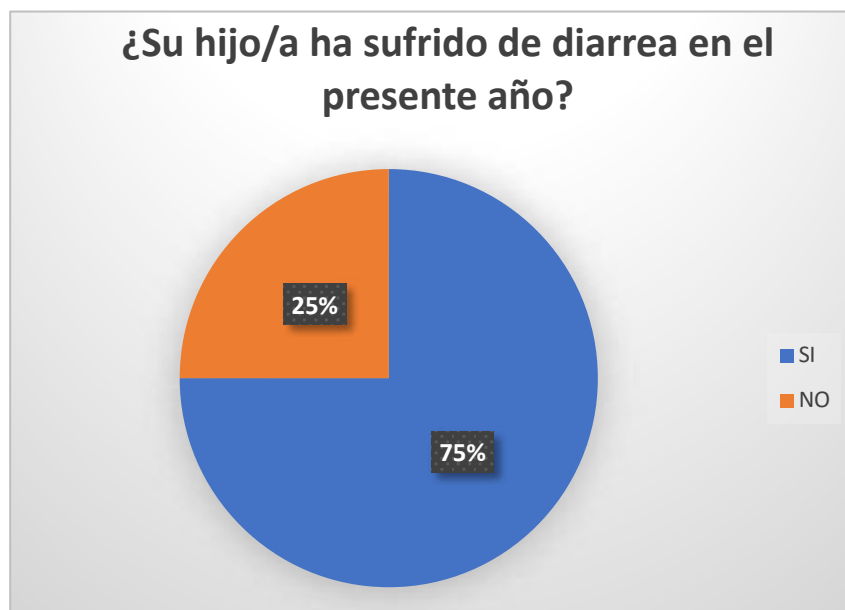


Figura 71: Resultados de la primera pregunta de la ficha de la encuesta sobre el ausentismo escolar. (Elaboración propia)

Según la figura N° 71, el 75% de los padres de familia entrevistados señalan que sus hijos han sufrido de diarrea en el presente año.

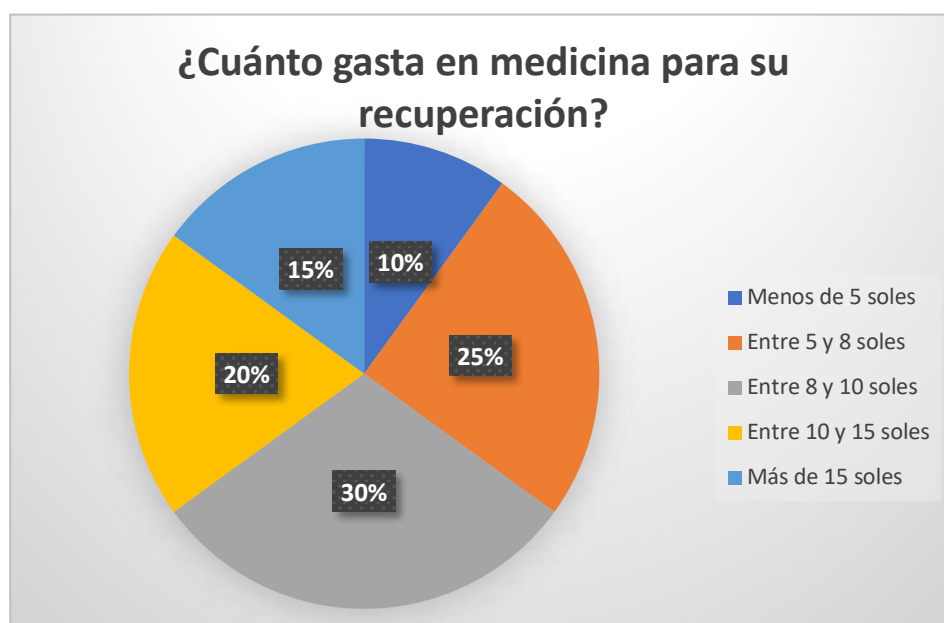


Figura 72: Resultados de la segunda pregunta de la ficha de la encuesta sobre el ausentismo escolar. (Elaboración propia)

Según la figura N° 72, el 30% de los padres de familia entrevistados gastan alrededor de 8 y 10 soles para la recuperación de sus hijos. Además, el 25% señalan que la medicina tiene un costo entre 5 y 8 soles.

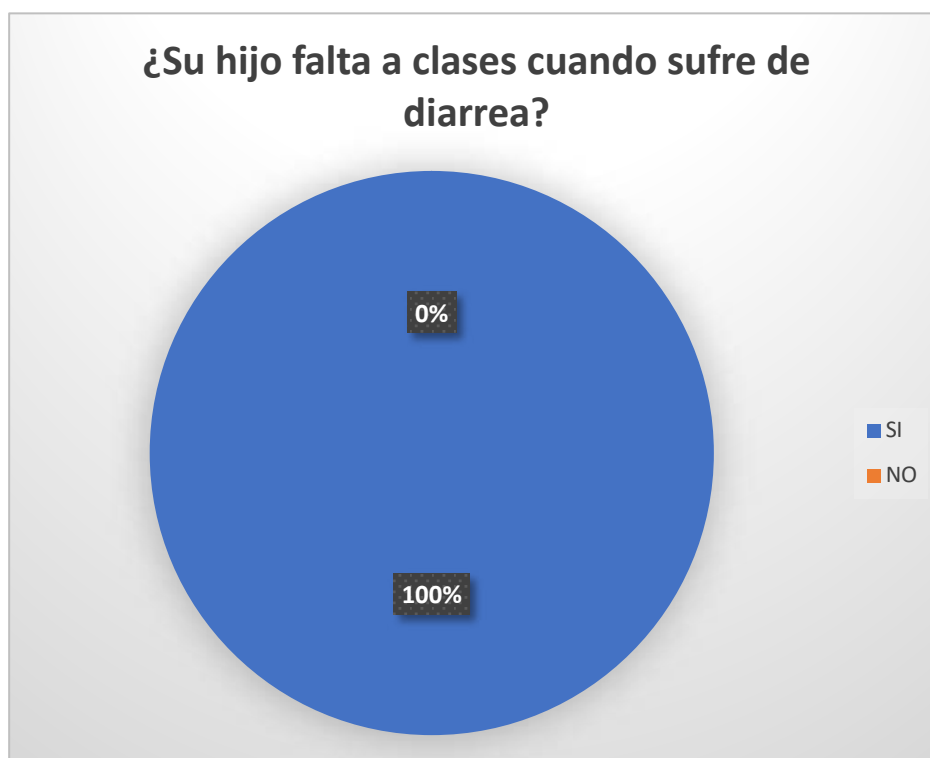


Figura 73: Resultados de la tercera pregunta de la ficha de la encuesta sobre el ausentismo escolar. (Elaboración propia)

Según la figura N° 73, el 100% de los padres de familia entrevistados señalan que sus hijos faltan a clase cuando sufren de diarrea.

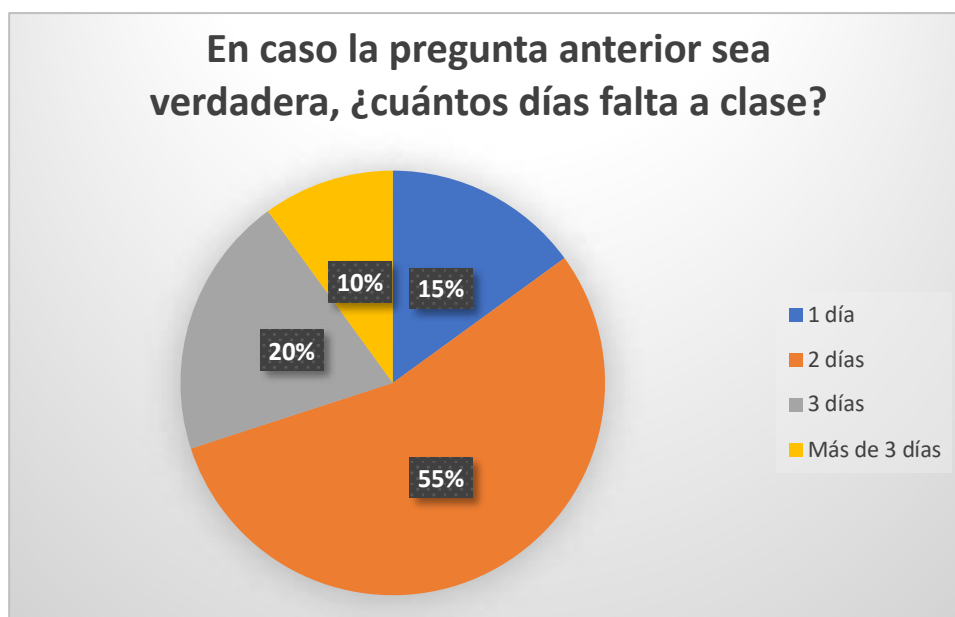


Figura 74: Resultados de la cuarta pregunta de la ficha de la encuesta sobre el ausentismo escolar. (Elaboración propia)

Según la figura N° 74, el 55% de los padres de familia entrevistados señalan sus hijos faltan 2 días cuando sufren de diarrea. Además, el 20% de los padres de familia señalan que faltan 3 días. Se puede concluir, que solo el 15% de los niños faltan 1 día por diarrea a la Institución Educativa; en cambio, los demás faltan de 2 días a más.

Fase II: Diseño del sistema de purificación de agua

En primer lugar, para realizar el diseño del sistema de purificación de agua es fundamental identificar el consumo diario y la cantidad de usuarios. De acuerdo con el Instituto de Investigación Agua y Salud (2018), entidad científica, la dotación de agua para los niños varía dependiendo de la edad y el sexo, tal como se puede apreciar en la siguiente figura.

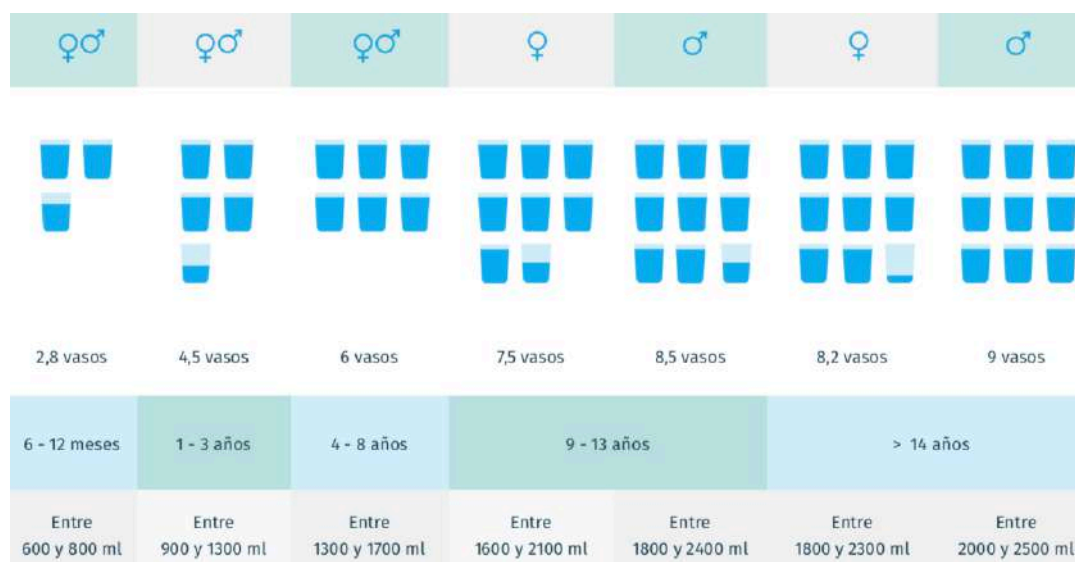


Figura 75: Imagen de consumo de agua referencial. Extraído de «Guía de hidratación», de Instituto de Investigación Agua y Salud, 2018

Conforme a la figura anterior, se utiliza el valor más alto, es decir, 2.5 L debido a que los profesores también consumirán agua del sistema. Por otro lado, según la Organización Mundial de la Salud y la Organización Panamericana de la Salud (2009b) se requieren aproximadamente 7 litros diarios para la higiene personal; sin embargo, considerando que los niños y profesores solo están en la Institución Educativa un tercio del día, solo se requieren 2.5 L para lavarse las manos y la cara. Sumando ambos valores se obtiene un consumo de 5 L por día por persona.

Por otro lado, según Felinda Uzuriaga, directora de la Institución Educativa, actualmente hay 67 niños matriculados y 6 profesores multigrado; lo cual da un total de 73 usuarios.

➤ Población futura

Para identificar la cantidad de personas que requerirán consumir agua en el largo plazo, se utiliza una ecuación de crecimiento aritmético.

$$Pf = Pa \left(1 + \frac{rt}{1000} \right) \dots\dots\dots (3)$$

Donde:

Pf = población futura

Pa = población actual

r = coeficiente de crecimiento anual por 1000 habitantes

t = tiempo en años

Para dar solución a dicha ecuación, primero se deben considerar los datos ya existentes.

$$Pa(2019) = 73$$

$$\text{Periodo de diseño (t)} = 10 \text{ años}$$

Luego, se debe hallar los datos restantes. A continuación, se determina el coeficiente de crecimiento anual.

Tabla 23: Cálculo de coeficiente de crecimiento anual en la IE N° 34030 Raúl Porras Barrenechea

Año	Pa (hab)	T (años)	P(Pf – Pa)	R (P/Pa.t)	r.t
2013	53	-	-	-	-
2014	55	1	2	0.038	0.038
2015	57	1	2	0.036	0.036
2016	61	1	4	0.070	0.070
2017	64	1	3	0.049	0.049
2018	69	1	5	0.078	0.078
2019	73	1	4	0.058	0.058
Total		6			0.329

Nota: Se obtuvo que el valor de r por 6 años es de 0.329 (Elaboración propia).

La fórmula para hallar el coeficiente es la siguiente:

$$r = \left(\frac{\text{Total } r \text{ xt}}{\text{Total } t} \right) \dots\dots\dots (4)$$

Reemplazando los datos en la ecuación (4), se obtiene:

$$r = \left(\frac{0.329}{6} \right) = 0.0548$$

r = 54.8 por cada 1000 personas

Finalmente, sustituyendo los datos en la ecuación (3):

$$Pf = 73 \left(1 + \frac{54.8 * 10}{1000} \right) = 113.004$$

Se considera que la población futura son 114 personas.

➤ Caudal promedio diario (Qm)

$$Qm = \frac{Pf \times \text{dotación} (d)}{28800 \text{ s/día}} \dots\dots\dots (5)$$

Donde

Qm: consumo promedio diario l/s

Pf: población futura (habitantes)

D: dotación (l/hab/día)

Reemplazando la ecuación (5) con los datos obtenidos se tiene lo siguiente:

$$Qm = \frac{114 \times 5}{28800 \text{ s/día}} = 0.020 \text{ l/s}$$

➤ Dotación de agua de la población

Considerando que la dotación por persona por día es de 5L y la población futura es de 114 personas, se multiplica ambos valores para hallar la dotación de agua requerida.

$$\text{Dotación} = Pf \times \text{dotación} (d) \dots\dots\dots (6)$$

Reemplazando los datos, se obtiene:

$$\text{Dotación} = 114 \times 5 = 570 \text{ L/día}$$

➤ Caudal máximo diario (Q_{md})

De acuerdo con Agüero (1997) para el consumo máximo diario Q_{md} se considera un valor promedio de 130%.

$$Q_{md} = 1.3 \times Q_m \dots\dots\dots (7)$$

Reemplazado en la ecuación, se obtiene:

$$Q_{md} = 1.3 \times 0.020 = 0.026 \text{ l/s}$$

➤ Caudal máximo horario (Q_{mh})

Según Agüero (1997) para el consumo máximo horario Q_{mh} se considera un valor promedio de 150%.

$$Q_{mh} = 1.5 \times Q_m \dots\dots\dots (8)$$

Reemplazado en la ecuación, se obtiene:

$$Q_{mh} = 1.5 \times 0.020 = 0.03 \text{ l/s}$$

Conforme a los datos anteriores, se obtuvo los siguientes resultados:

Tabla 24: Indicadores para el diseño del sistema de purificación de agua en la IE N°34030 Raúl Porras Barrenechea

	Cantidad	Unidad
Población futura	114	personas
Consumo diario	5	lpd
Total de consumo	570	l/día
Consumo diario por horas *	71.25	l/hr
Consumo diario por minutos	1.19	lpm
Consumo diario por minuto	0.31	gpm

Consumo diario por segundo	0.020	lps
-----------------------------------	--------------	------------

(*) Se considera que un día posee 8 horas, puesto que es el tiempo que los alumnos y profesores están en la Institución Educativa.

Nota: Se obtuvo que se requiere un consumo diario por minuto de 1.19 lpm (Elaboración propia).

En segundo lugar, se debe reconocer las etapas que están involucradas dentro del sistema de tratamiento. Como se mencionó en la sección 5.1.2, los métodos de purificación de agua que se utilizan son carbón activado, equipo ultravioleta, arena verde, filtro multimedia y cloración.

El sistema de purificación tiene tres etapas: pretratamiento, tratamiento y desinfección. En la primera etapa se regula el agua que ingresará al tratamiento, en esta se removerán los organismos de vida libre y otras bacterias mediante el uso de un dosificador de cloro. En la segunda etapa se removerán las partículas o sólidos del agua, y se reducirá la turbiedad, el hierro y el cloro mediante el uso de los medios filtrantes como el filtro multimedia, el filtro de carbón activado y el filtro de arena verde. En la tercera etapa se eliminarán los microorganismos o bacterias que hayan sobrevivido mediante el uso del equipo UV. Después de culminar el procedimiento, el agua estará lista para consumir.

Primera etapa: Pretratamiento - Dosificador de cloro

La cloración es uno de los métodos más conocidos y eficientes con respecto a la desinfección del agua dado que después de 30 minutos de acción remueve los microorganismos. Para esta primera etapa, se utilizará un dosificador de cloro que contendrá pastillas de hipoclorito de calcio. Cabe resaltar que el dosificador de cloro se ubicará antes del tanque de desinfección de tal manera que el agua se almacene durante mínimo 30 minutos para asegurar la eficiencia del cloro; y así, pueda pasar a la segunda etapa.

De acuerdo con la Organización Panamericana de la Salud (2007) el cloro residual recomendable varía entre 0.2 y 0.5ppm, resaltando que 0.5ppm es preferible a la salida del tratamiento. Acorde con esto, se harán los cálculos necesarios para que el dosificador de cloro otorgue una concentración de 0.5ppm al tanque de desinfección de agua. Con dicha finalidad, se utilizará un dosificador de cloro que tenga la capacidad de regular la concentración de cloro, y así de evitar posibles errores. El dosificador que se utiliza es un clorinador en línea Hayward CL 100, el cual tiene una capacidad de 10 pastillas y posee una canastilla que retiene sólidos.

Para reconocer cuando se requerirá un recambio de pastillas, es importante identificar cuanto cloro se consumirá en el día. A continuación, se presenta el cálculo de cloro requerido considerando que las pastillas de hipoclorito de calcio del mercado tienen una concentración de 70% de cloro y se utilizará un tanque de 600L de capacidad.

Datos

- Concentración deseada: 0.5ppm o 0.5mg/L
- Concentración del producto: 70%
- Volumen de agua = 600L

$$\text{Cloro requerido} = \left(\frac{CD \text{ (ppm)} * V(L) * 1(g)}{CP \text{ (\%)} * 1000 (mg)} \right) \dots\dots\dots (9)$$

Reemplazando los datos, se obtiene:

$$\text{Cloro requerido} = \left(\frac{0.5 * 600 * 1}{0.7 * 1000} \right) = 0.428 \text{ g}$$

De acuerdo con el resultado anterior, se puede concluir que diariamente se requerirá 0.428g de pastilla; es decir se deberá realizar el cambio después de 468 días.

$$\text{Días requeridos} = \left(\frac{\text{Peso de pastilla}}{\text{Cloro requerido}} \right) \dots\dots\dots (10)$$

Datos

- Peso de pastilla = 200 g

Reemplazando el resultado de la ecuación (9):

$$\text{Días requeridos} = \left(\frac{200 \text{ g}}{0.428 \text{ g/día}} \right) = 467.3 \text{ días} \approx 468 \text{ días}$$

Asimismo, cabe resaltar que la concentración de cloro a utilizar no es dañina para el ser humano, puesto que se utilizará solo 0.5ppm a pesar de que el DS -031-2010-SA señala un

límite máximo permitido de 5ppm. Por otro lado, según el Agència de Salut Pública (2012) los trihalometanos (THM) se forman como reacción del cloro con materia orgánica; sin embargo, no tendrían ningún efecto negativo contra la salud puesto que el agua de la fuente de abastecimiento no presenta materia orgánica, siendo imposible que se genere dicho compuesto. Por último, en caso de que este se presentará en el agua, el carbón activado puede eliminarlos debido a sus propiedades de remoción de cloro (Martínez, 2016).

Adicionalmente, he de señalar que el cloro utilizado tampoco es dañino para la atmósfera puesto que son los clorofluorocarbonos (CFC) los que se descomponen en átomos de cloro con la luz solar y destruyen las moléculas de ozono (“La pérdida de ozono: sustancias químicas responsables”, s.f.); no obstante, el hipoclorito de calcio no esta conformado por dicho compuesto químico.

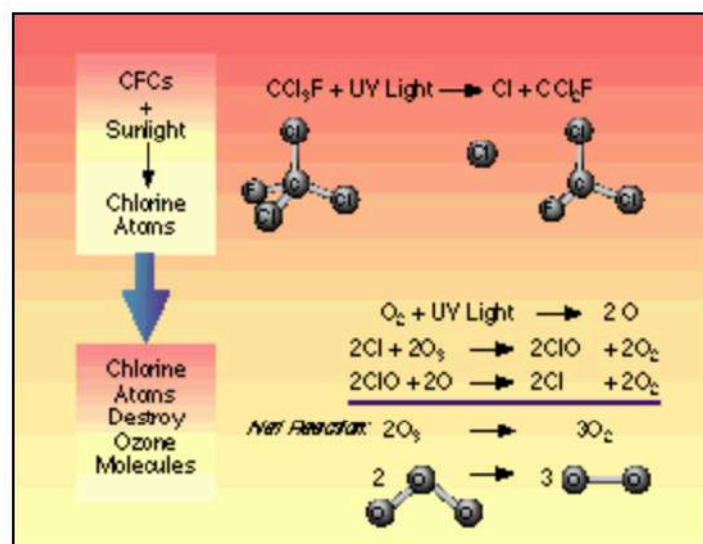


Figura 76: Figura de reacción química de CFC. Extraído de «La pérdida de ozono: sustancias químicas responsables», s.f.

Cabe resaltar que para el almacenamiento de agua se utilizará un tanque doméstico de 600L Eternit completamente equipado; es decir que contenga: la válvula - flotador, el niple de rebose, el filtro, la cinta teflón, el multiconector, la tapa rosca, el soporte del visor de nivel de agua y la tubería visor de agua, tal cual se puede observar en la siguiente figura.



Figura 77: Figura de componentes de Tanque Eternit de 600L. Extraído de «Tanque doméstico Eternit», de Eternit, s.f.

Adicionalmente a lo anterior, es importante resaltar que el multiconector incluye una válvula de bola, la cual estará colocada inmediatamente después del tanque de almacenamiento con el fin de asegurar que el agua se mantenga en dicho lugar por al menos 30 minutos de acuerdo al motivo señalado anteriormente.

Segunda etapa: Tratamiento - Filtro

Luego de que hayan pasado al menos 30 minutos, se pasará a la segunda etapa: el filtro. El filtro que se utilizará posee una válvula de control para realizar el retro lavado de los medios filtrantes; además, permite reconocer el flujo de operación del filtro de tal manera que sea el adecuado para la demanda de agua del lugar. Por otra parte, el filtro está compuesto por un tanque de polietileno de alta resistencia a la corrosión debido a su reforzamiento con fibra de vidrio.

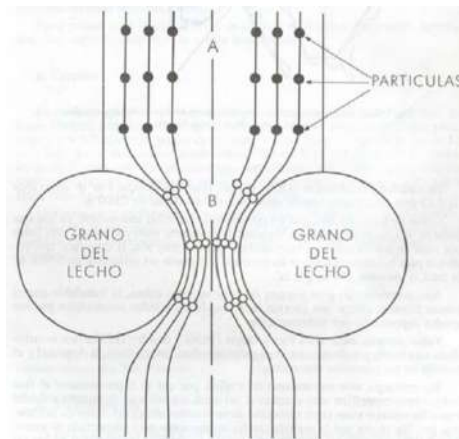


Figura 78: Contacto casual de las partículas con el medio filtrante. Extraído de «Teoría y práctica de la purificación del agua», de J. Arboleada, 2000.

A continuación, se presentan algunas características del filtro que se utilizará en este proyecto.

- ✓ La primera característica del filtro es que será un 3 en 1; en otras palabras, se utilizará un solo tanque de polietileno para colocar los tres filtros: filtro multimedia, filtro carbón activado y filtro de arena verde.
- ✓ La segunda característica del filtro es que estará dividido mediante una tela filtrante de 5 micras por cada tipo de filtro, lo cual ayudará con la retención de los microorganismos.
- ✓ El filtro está compuesto por un tanque de polietileno de 10" x 54" con capacidad de 1.5 pie³ y una válvula Performa CV 263, ambos son de la marca Pentair

Como se mencionó líneas arriba, el filtro estará compuesto de tres etapas: filtro multimedia, filtro carbón activado y filtro de arena verde. Antes de describir el funcionamiento de dichas etapas es importante resaltar que estas se ordenarán con respecto a la granulometría, es decir, se ordenará de mayor a menor dependiendo del tamaño del medio filtrante.

a. Filtro de Carbón Activado

El carbón activado proviene de la cáscara de coco que tras ser procesado a altas temperaturas se modifica su estructura y se convierte en altamente porosa. Esta se compone de macroporos ($d > 50\text{nm}$), microporos ($d < 2\text{nm}$) y mesoporos ($2\text{nm} < d < 50\text{nm}$), los cuales permiten la adsorción de diversas partículas. El objetivo principal del carbón activado es la remoción del cloro y de los contaminantes orgánicos.

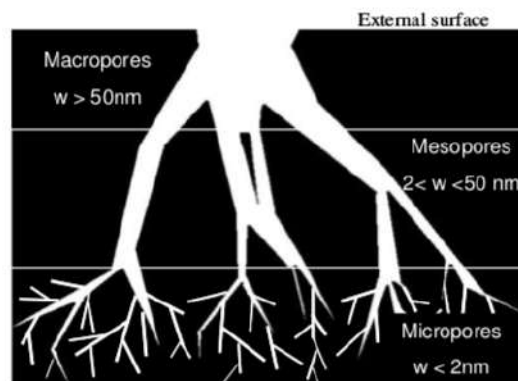


Figura 79: Figura de la estructura del carbón activado. Extraído de «Types of carbon adsorbents and their production», de J. Menéndez y I. Martín, 2006, *Interface Science and technology*,7, 1-48.

El fenómeno que ocurre en el carbón activado es la adsorción, la cual sucede cuando un material adsorbente atrapa en su superficie otro material o partícula.



Figura 80: Figura de la diferencia entre la adsorción y la absorción. Extraído de «Purificador de agua: Chlorine off», de Hidrolit,s.f.

Seguidamente, se presentan las características principales del carbón activado a utilizar

Tabla 25: Características del carbón activado

Propiedades	
Tipo	Carbón Activado Granular
Índice de yodo	1000 mg/g
Absorción CTC, min	50
Humedad	5 % máx
Densidad aparente (g/cm ³)	0.51 – 0.58
Dureza Min %	98%
pH	9 - 11

Nota: La densidad del carbón activado granular es de 0.51 g/cm³ a 0.58 g/cm³

✓ Cálculo del filtro

De acuerdo con la investigación de Noboa (2008) la altura del filtro de carbón activado debe ser mínimo el doble del diámetro. Tomando en consideración que el filtro tiene un diámetro exterior de 10” y un diámetro interior de 8”, se utilizará el valor interior para el cálculo. Con un diámetro de 8”, la altura será de 16”, es decir de 40.64 cm. Por otro lado, según la Ing. Viviana Guere y el Ing. Franz Huanay, especialistas en tratamiento de agua, todos los filtros requieren de un soporte para el medio filtrante, el cual debe estar compuesto por dos tipos de gravas: 5 y 1 micra; en donde la grava de 5 micras representa el 5% y la grava de 1 micra representa el 10% de la altura. Acorde a la afirmación anterior, se puede concluir que la altura del lecho será 34.54 cm, la cual representa el 85% del filtro, la grava de 5 micras será igual a 2.03 cm y la grava de 1 micra será igual a 4.06 cm.

✓ Área del filtro

Datos

$r = 4''$ o 10.16 cm

$$\text{Área} = \pi * r^2 \dots\dots\dots (11)$$

Reemplazando:

$$\pi * (10.16)^2$$

$$324.29cm^2$$

✓ Volumen del filtro

$$Volumen = \text{Área} \times \text{Altura} \dots\dots\dots (12)$$

Reemplazando con los datos anteriores:

$$324.29cm^2 \times 40.64cm = 13179.26cm^3$$

$$13179.26cm^3 \times \frac{1L}{1000 cm^3} = 13.18 L$$

✓ Velocidad del filtro

El valor del caudal se encuentra en la ficha técnica del filtro otorgada por el proveedor del equipo. Según Mercantil Interamericana (s.f.) el filtro de carbón activado trabaja con un flujo de operación de 5 gpm. Tomando en consideración que la velocidad es igual al caudal por el área, se obtiene lo siguiente:

$$V = \frac{Q}{A} \dots\dots\dots (13)$$

Donde:

V: velocidad m/min

Q: caudal m³/min

A: área m²

$$V = \frac{5gpm}{324.29 cm^2} \times \frac{100cm}{1m} \times \frac{100cm}{1m} \times \frac{3.785Lpm}{1gpm} \times \frac{0.001 m^3}{1L}$$

$$V = 0.584m/min$$

b. Filtro de Arena Verde

La arena verde esta compuesta por zeolita-glaucónita, y cubierto por óxido de manganeso. Acorde con *The National Environmental Services Center* (s.f.) este tipo de medio filtrante facilita el intercambio iónico proporcionando un efecto catalítico en la reacción de oxidación para la remoción de hierro o manganeso.

El filtro de arena verde tiene como principal objetivo remover el hierro, el manganeso y el ácido sulfhídrico. Este medio filtrante logra la reducción de hierro a través de la oxidación del hierro ferroso (Fe^{2+}) a óxido férrico (Fe^{3+}) de tal manera que se forma un hidróxido de hierro $\text{Fe}(\text{OH})_3$ que es insoluble y queda retenido en el medio filtrante.

De acuerdo con *Quantum Filtration Medium Pty Ltd.* (s.f.) la reacción básica que se produce en la filtración es la siguiente:

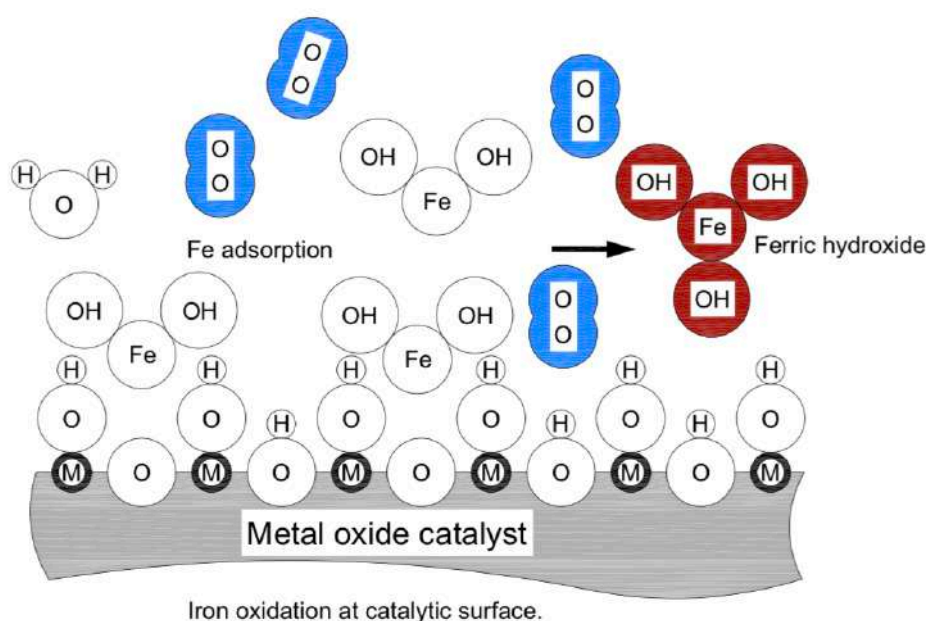
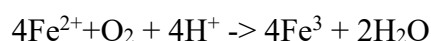


Figura 81: Esquematización de la reacción del hierro en el filtro de arena verde. Extraído de «How DMI-65 Works», de Quantum Filtration Medium Pty Ltd., s.f.

Donde:

M: ion metálico genérico en la red catalítica

O: átomo de oxígeno

Fe: átomo de hierro

H: átomo de hidrógeno

OH: hidróxido

H₂O: molécula de agua

Fe (OH) 2: hidróxido ferroso

Fe (OH) 3: hidróxido férrico

O₂: molécula de oxígeno

Seguidamente, se presentan las características principales de la arena verde a utilizar

Tabla 26: Características de la arena verde

Propiedades	
Color	Negro
Gravedad específica	2400 g/l
Coefficiente uniforme	1.6
Densidad aparente	1375 g/l ó 1.375 g/cm ³

Nota: La densidad aparente de la arena verde es 1.375g/cm³ (Elaboración propia).

✓ Cálculo del filtro

La Ing. Viviana Guere recomienda que el filtro de carbón activado, el filtro de arena verde y el filtro multimedia tengan la misma altura puesto que de esta manera quedará aproximadamente 6" para que el filtro realice el retrolavado correctamente. Por otro lado, tomando en consideración que la función principal de la grava es ser soporte del medio filtrante, al igual que el filtro de carbón activado, la grava de 5 micras representará el 5% y la grava de 1 micra representará el 10% de la altura del filtro.

✓ Área del filtro

Datos

$$r = 4'' \text{ o } 10.16 \text{ cm}$$

Reemplazando en la ecuación (11) se obtiene:

$$324.29 \text{ cm}^2$$

✓ Volumen del filtro

Reemplazando en la ecuación (12) se obtiene:

$$324.29 \text{ cm}^2 \times 40.64 \text{ cm} = 13179.26 \text{ cm}^3$$

$$13179.26 \text{ cm}^3 \times \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ cm}^3} = 13.18 \text{ L}$$

✓ Velocidad del filtro

El valor del caudal se encuentra en la ficha técnica del filtro otorgada por el proveedor del equipo. Según Mercantil Interamericana (s.f.) el filtro de arena verde trabaja con un flujo de operación de 2.8 gpm. Tomando en consideración la ecuación (13) se obtiene:

$$V = \frac{2.8 \text{ gpm}}{324.29 \text{ cm}^2} \times \frac{100 \text{ cm}}{1 \text{ m}} \times \frac{100 \text{ cm}}{1 \text{ m}} \times \frac{3.785 \text{ Lpm}}{1 \text{ gpm}} \times \frac{0.001 \text{ m}^3}{1 \text{ L}}$$

$$V = 0.327 \text{ m/min}$$

c. Filtro Multimedia

El filtro multimedia o lecho profundo facilita la retención de sólidos por medio de diversas capas que logran la eliminación de la turbidez del agua. Su diseño ordena los medios filtrantes de acuerdo con sus densidades y grosores de partícula. Cabe resaltar que esta distribución maximiza la eficiencia de remoción.

Por otro lado, los filtros multimedia no son estandarizados es decir son adoptados de acuerdo con las necesidades. Generalmente, se utilizan 4 capas de medios filtrantes; sin embargo, dicho número puede variar. Acorde con la empresa Mercantil Interamericana (s.f.), distribuidora de diversos medios para la potabilización del agua, el orden del filtro multimedia debe ser el siguiente: primero antracita, luego arena, después garnet y finalmente grava.

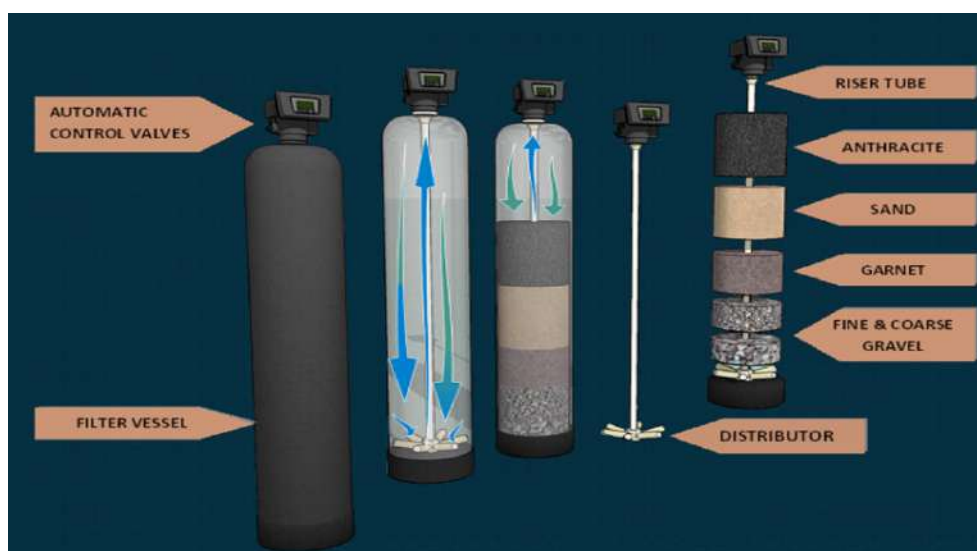


Figura 82: Figura de las etapas del filtro multimedia. Extraído de «Multi media filters», de Rayned Water Filtration systems, s.f.

Tabla 27: Granulometría del filtro multimedia

Granulometría	
Arena de sílice	0.8 – 1.5 mm
Antracita	1.5 – 2 mm
Garnet o granate	0.8 – 1.2 mm
Grava	0.5 – 1.0 mm

Nota: La ubicación de los medios filtrantes depende de la granulometría (Elaboración propia).

Según Cruz (2015) el filtro multimedia compuesto por antracita, arena, garnet y grava puede retener partículas de hasta 5 micras.

✓ Cálculo del filtro multimedia

El Ing. Franz Huanay reafirmó la recomendación de la Ing. Viviana Guere de optar por mantener la misma altura en los tres filtros. Además, mencionó que cada tipo de medio filtrante tendrá la misma proporción; es decir cada uno representará el 25% del lecho; sin embargo, la grava de 5 micras representará el 10% y la de 1 micra el 15%. Conforme a las afirmaciones del Ing. Huanay, se realizarán los siguientes cálculos.

✓ Área del filtro

Datos

$$r = 4'' \text{ o } 10.16 \text{ cm}$$

Reemplazando en la ecuación (11):

$$324.29 \text{ cm}^2$$

✓ Volumen del filtro

Reemplazando en la ecuación (12):

$$324.29 \text{ cm}^2 \times 40.64 \text{ cm} = 13179.26 \text{ cm}^3$$

$$13179.26 \text{ cm}^3 \times \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ cm}^3} = 13.18 \text{ L}$$

✓ Velocidad del filtro

El valor del caudal se encuentra en la ficha técnica del filtro otorgada por el proveedor del equipo. Según Mercantil Interamericana (s.f.) el filtro multimedia trabaja con un flujo de operación de 8 gpm. Tomando en consideración la ecuación (13) se obtiene:

$$V = \frac{8 \text{ gpm}}{324.29 \text{ cm}^2} \times \frac{100 \text{ cm}}{1 \text{ m}} \times \frac{100 \text{ cm}}{1 \text{ m}} \times \frac{3.785 \text{ Lpm}}{1 \text{ gpm}} \times \frac{0.001 \text{ m}^3}{1 \text{ L}}$$

$$V = 0.934 \text{ m/min}$$

d. Tela Filtrante

Como se mencionó anteriormente, se utilizará un solo filtro para colocar el filtro multimedia, el filtro de carbón activado y el filtro de arena verde. Con la finalidad de evitar que los filtros se combinen, se utilizarán dos capas de tela filtrante de 5 micras entre los filtros. Estos elementos facilitarán el mantenimiento y limpieza del filtro, así como, la retención de partículas o sedimentos que hubieran podido escapar del medio filtrante.

La organización de la tela filtrante será la siguiente: antes y después de cada filtro, tal cual se puede observar en la siguiente figura.

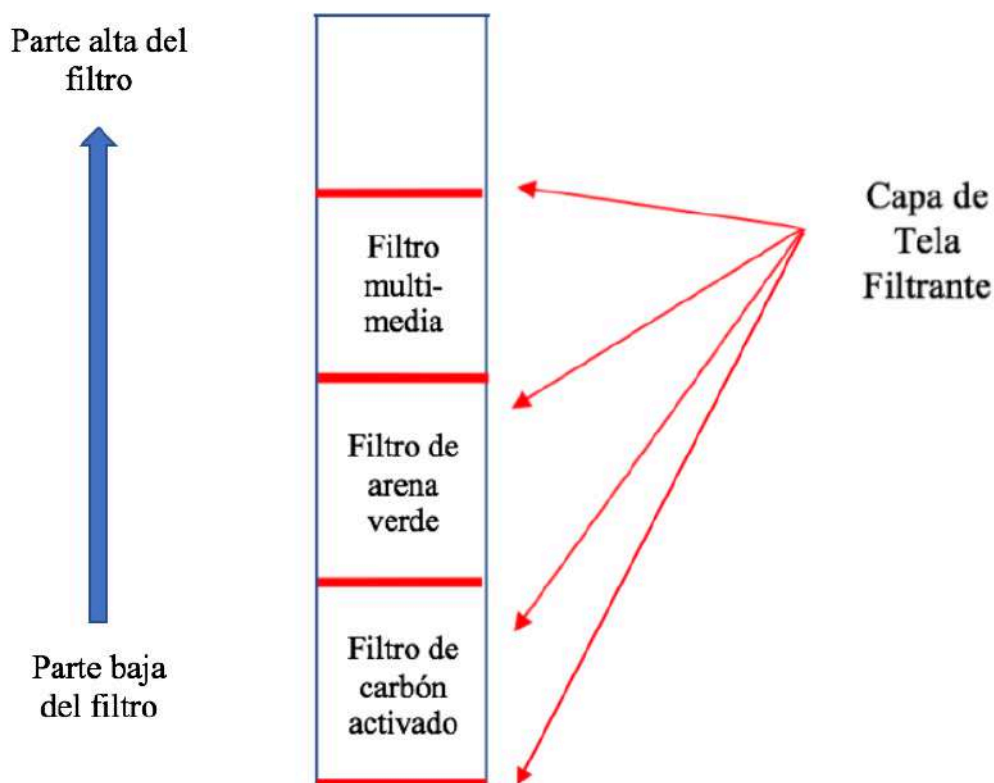


Figura 83: Distribución de telas filtrantes en orden vertical. (Elaboración propia)

e. Orden de los Filtros

Luego de identificar el diseño de cada uno de los filtros, el siguiente paso es ordenarlos. Para esto, es importante considerar la granulometría de cada uno de estos dado que la distribución es de mayor a menor.

Tabla 28: Granulometría de los filtros

FILTRO	GRANULOMETRÍA
Filtro Carbón Activado	0.5 mm – 0.42 mm
Filtro Arena Verde	0.65 mm – 0.45 mm
Filtro Multimedia	1.5 mm – 0.5 mm

Nota: El filtro multimedia posee la mayor granulometría, seguida del filtro de arena verde y finalmente, del filtro de carbón activado (Elaboración propia).

De acuerdo con lo anterior, se puede concluir que el orden es el siguiente: primero, el filtro multimedia; segundo, el filtro de arena verde; tercero, el filtro de carbón activado.

f. Diseño final del Filtro

Después de culminar el diseño de los tres filtros, es importante identificar la velocidad de filtración del sistema completo para reconocer en cuanto tiempo el filtro podrá purificar los 570 L de demanda diaria.

Para esto, es preciso resaltar que en base a los caudales señalados por el proveedor para cada uno de los filtros, se calculará el tiempo aproximado que requerirá el filtro para tratar el agua. Como se mencionó anteriormente, el filtro de carbón activado posee un caudal de 5 gpm o 18.925 lpm, el filtro de arena verde: 2.8 gpm o 10.598 lpm y el filtro multimedia: 8gpm o 30.28 lpm. Comparando dichos valores, se puede inferir que el cuello de botella es el filtro de arena por lo cual el tiempo del ciclo de tratamiento esta restringido al tiempo que tarde este filtro en particular por tal motivo se concluye que en 53.78 min aproximadamente se purificará 570 Litros

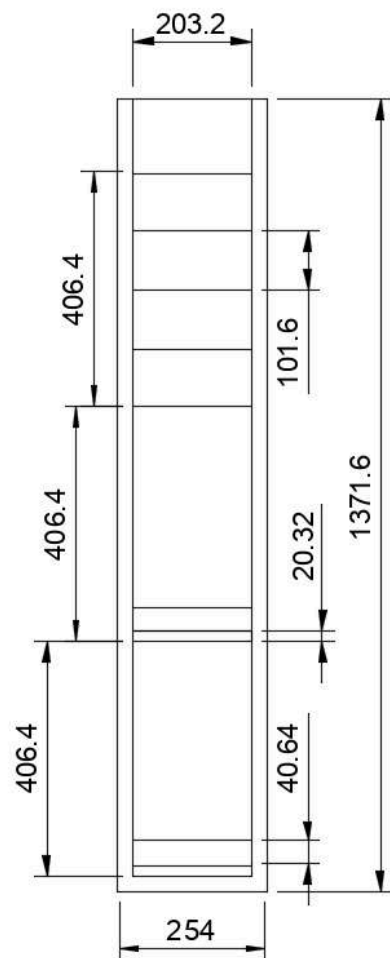


Figura 84: Dimensiones del filtro en mm. (Elaboración propia)

Tercera etapa: Post tratamiento - Equipo Ultravioleta

Según Ponce (2005) la desinfección se puede producir naturalmente cuando se exponen los microorganismos, bacterias y similares a la luz solar; sin embargo, la radiación UV es un proceso físico que penetra la pared celular y altera el ADN de los organismos unicelulares de una manera más efectiva; es decir, letal. Cabe resaltar que cuando la longitud de onda de los rayos es de 254 nm, los organismos absorben la mayor cantidad de UV.

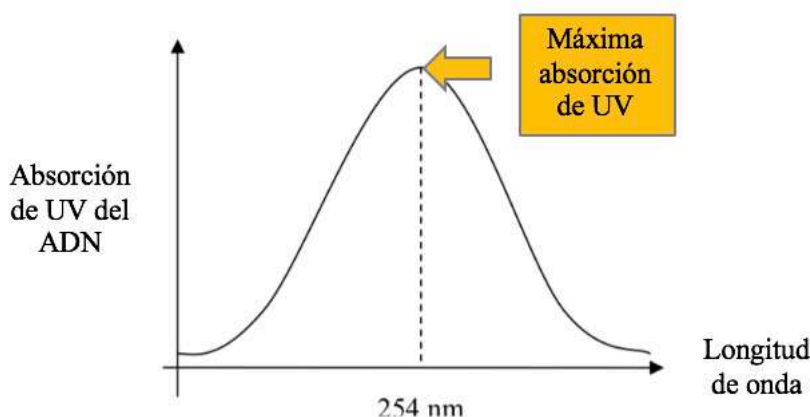


Figura 85 : Absorción de UV del ADN vs Longitud de onda. Adaptado de «Diseño de un tren de potabilización para una planta generadora de agua embotellada», de E. Ponce, 2005.

El equipo ultravioleta se distingue de otros medios de desinfección puesto que mediante la luz ultravioleta destruye las bacterias, virus patógenos, microorganismos y algas; en corto tiempo sin alterar su aspecto físico ni químico.

De acuerdo con Sendra (s.f.) la radiación UV se clasifica en tres tipos UVA, UVB y UVC. En primer lugar, la radiación UVA se utiliza para los tratamientos de bronceado de la piel. En cambio, la radiación UVB se utiliza para el tratamiento de la psoriasis. Finalmente, la radiación UVC se utiliza para la esterilización o purificación de agua debido a su gran acción bactericida; además, esta contribuye con la sostenibilidad de la capa de ozono puesto que ioniza los gases atmosféricos.

Es importante que el equipo ultravioleta sea la última etapa del proceso de tratamiento, puesto que este asegurará que el agua sea apta para el consumo. Acerca de este tema Cruz

(2015) afirma que la turbidez del agua reduce la efectividad del equipo, por ende las etapas previas son fundamentales.

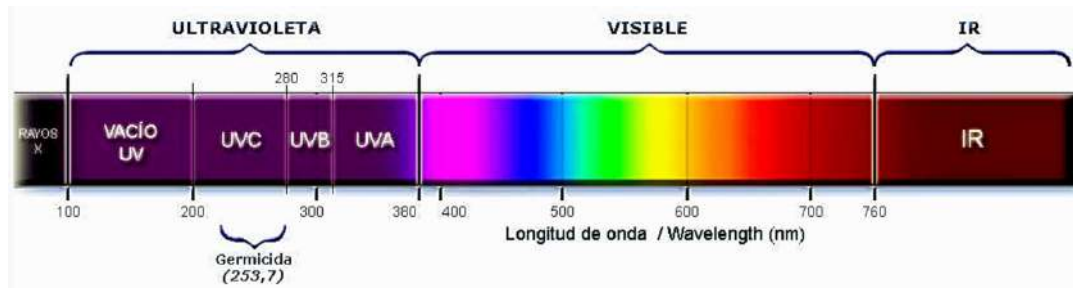


Figura 86: Acción Germicida de la Luz Ultravioleta. Extraído de «La desinfección y esterilización con luz ultravioleta», de Logicclan, s.f.

✓ Cálculo del equipo UV

Con la finalidad de seleccionar el equipo UV más adecuado para la Institución Educativa, se requiere reconocer la demanda de agua por minuto dado que los equipos UV varían con respecto a esa variable. Como se mencionó anteriormente la demanda es igual a 0.31gpm por ende se utilizará un equipo UV de 0.5 gpm puesto que es la presentación más cercana al valor deseado.

Sistema de purificación de agua

El sistema de purificación de agua esta compuesto principalmente por tres etapas. Sin embargo, antes de realizar el diseño es importante tomar en consideración algunos puntos:

- Para que el tanque de 600 L pueda distribuir el agua al filtro, se requiere de una bomba elevadora inteligente que eleve el agua desde la red pública de la Institución Educativa hasta el tanque. A pesar de que existen otras dos opciones de bombas elevadoras: centrifugas y periféricas, ambas requieren de una cisterna como medio para elevar el agua dado que si fuesen conectadas directamente a la red pública se disminuiría la presión del agua de los vecinos. Inclusive, en caso no hubiera agua en la red pública, la bomba igual funcionaría lo que ocasionaría que se pueda quemar por el esfuerzo, y deba reemplazarse.

Asimismo, para la selección de la bomba es importante identificar la altura manométrica. Se considera que la altura manométrica es igual a la altura de elevación desde la aspiración hasta la impulsión; en este caso, la altura de aspiración es cero dado que la toma será al mismo nivel que la bomba, y la altura de impulsión es igual a la altura del primer piso más la altura del tanque más la altura de la estructura. Sumando dichas alturas se obtendrá un valor aproximado de 4.75 metros como altura manométrica.

De acuerdo con esto, se halló que la bomba elevadora inteligente que mejor se adapta a la realidad de la Institución Educativa es la bomba inteligente 20 Rowa. Esta tiene una potencia de 0.5 HP, pueda elevar agua hasta para un inmueble de 3 pisos y un caudal máximo de 3000 L/h. Según la EPS Emapa Pasco (2008) la presión promedio del agua en Cerro de Pasco es entre 8 a 16 psi, para identificar el caudal que ofrecerá la bomba se utilizará como referencia el valor promedio; es decir, 12 psi. Conforme con esto, se puede observar en la curva de rendimiento que a dicha presión se obtiene 800 L/h, lo cual permite inferir que en 42.75 min se obtendrá los 570 L necesarios para cumplir la demanda diaria.



Figura 87: Curva de rendimiento de la bomba elevadora. Extraído de «Ficha técnica: Información técnica de presurizadores Rowa inteligente», de Blupools, s.f.

A pesar de que la bomba supera los requerimientos, esta permitirá que la Institución Educativa pueda incrementar su demanda de agua a largo plazo.

- Para que el filtro funcione de acuerdo con las especificaciones del proveedor, es fundamental que el agua ingrese a una presión de 30 psi, para lograrlo se utilizará una bomba presurizadora para incrementar la presión. La bomba presurizadora elegida es de 0.16 hp marca Grundfos debido a que es la más pequeña del mercado con un bajo consumo de energía y con un caudal de 1000 L/h. Tomando en consideración que solo se requieren 570 L, en 34.2 minutos se habrá alcanzado el objetivo.
- El filtro posee una válvula automática marca Pentair modelo Performa CV 263 con una potencia de 3 W, esta será la encargada de controlar el caudal y el retro lavado. Considerando lo mencionado anteriormente, el filtro tendrá un caudal de 2.8 gpm o 10.598 lpm, con lo cual se puede inferir que en 53.78min se podrá satisfacer la demanda de 570 L.
- Luego de que el agua pase por el filtro, es necesario colocar un segundo tanque de 600L puesto que la filtración no es rápida y se requiere que haya agua acumulada para que el equipo UV funcione correctamente. De acuerdo con esto, se ha decidido implementar un tanque de 600L entre el filtro y el equipo UV; es preciso señalar que el tanque tendrá una válvula de bola que será abierta cuando se requiera utilizar el equipo UV.
- El equipo UV tiene un caudal de 0.5 gpm a una potencia de 6 W, por lo cual demorará 5.02 horas o 301.19 min en purificar la demanda de agua.
- La velocidad de salida del primer tanque de almacenamiento al filtro se hallará utilizando el teorema de Torricelli.

$$v = \sqrt{2 * g * h} \dots\dots\dots (14)$$

Donde

g: gravedad, 9.81 m/s²

h: altura desde la superficie del tanque hasta la apertura, 95 cm

Reemplazando los valores, se obtuvo una velocidad de 4.317m/s.

$$v = \sqrt{2 * 9.81 * 0.95}$$

$$v = 4.317 \text{ m/s}$$

- La velocidad de salida del segundo tanque de almacenamiento al equipo UV se hallará utilizando el teorema de Torricelli.

Donde

g: gravedad, 9.81 m/s²

h: altura desde la superficie del tanque hasta la apertura, 100 cm

Reemplazando los valores en la ecuación (14), se obtiene una velocidad de 4.429m/s.

- La velocidad de salida del recipiente de 100L, se hallará utilizando el teorema de Torricelli.

Donde

g: gravedad, 9.81 m/s²

h: altura desde la superficie del tanque hasta la apertura, 66 cm

Reemplazando los valores en la ecuación (14), se obtuvo una velocidad de 3.598m/s.

- El recreo es el momento de mayor concentración de personas con una duración de 35 minutos. Como se mencionó anteriormente, el equipo UV tiene un caudal de 0.5 gpm; es decir que en los 35 minutos de recreo podrá ofrecer 17.5 galones o 66.23 litros. Según esta información, se propone utilizar un recipiente de 100 L puesto que es el tamaño más cercano a la cantidad producida en dicho periodo de tiempo. Además, este recipiente irá ubicado después del equipo UV.
- Tanto el recipiente como el equipo UV requerirán de una estructura que les permita estar asegurados en caso de sismos. Es preciso resaltar que, para cada uno de estos se colocará una estructura de acuerdo con sus dimensiones. Se explicará a mayor detalle este punto en la siguiente sección.
- Las fuentes de energía serán el generador eléctrico y el panel solar. Se explicará a mayor detalle este punto en la siguiente sección.

- Se estima que el sistema de purificación demorará alrededor de 7.7 horas en purificar 570 L de agua considerando que para el funcionamiento de los equipos se requiere 7.2 h más 0.5 h para la etapa de pre-desinfección del agua. El detalle del cálculo del tiempo de funcionamiento de los equipos se encuentra en la tabla N° 33.
- El generador eléctrico requerirá una protección a prueba de agua para evitar que potenciales chorros de agua puedan dañarlo o generar chispas. Se explicará a mayor detalle este punto en la siguiente sección.
- Las conexiones más pequeñas ($\frac{1}{4}$ ") serán de acero inoxidable debido a que no son tamaños comerciales y no será fácil de encontrar en otro material apto para el agua. Por otro lado, las otras conexiones y válvulas serán de PVC dado que es un material ideal para la distribución de agua.

a. Conexiones del sistema de purificación

- Tanque de almacenamiento de agua

En primer lugar, el tanque doméstico de 600 L es totalmente equipado; es decir, incluye las conexiones más importantes: filtro, multiconector con válvula, tapa rosca, soporte del visor de nivel de agua, válvula y flotador, y tubería visor de agua. Sin embargo, se requieren otras conexiones adicionales para su implementación. En el caso de la tubería, se está considerando el espacio disponible que tiene la Institución Educativa de tal manera que se optimice su espacio, reduciendo al máximo la cantidad de tubería necesaria. Entre la bomba elevadora y el tanque de 600 L, se requerirán las siguientes conexiones adicionalmente:

- 3 codos de 1"
- Válvula de bola de 1"
- 9 metros de tubería PVC de 1"

En segundo lugar, para realizar la instalación de las conexiones se seguirán las instrucciones dadas por el proveedor ETERNIT.

- En el orificio inferior del tanque, se colocará el multiconector con válvula. Además, se ajustará manualmente hasta que no se pueda mover.
- Luego, se retirará el tapón del tanque para colocar el soporte del visor en el orificio.
- Después, se colocará el tubo visor de agua en el multiconector sujetándolo en el soporte colocado en el punto anterior.
- En el orificio de la parte superior del tanque, se colocará la válvula y el flotador, seguido de la tubería, el dosificador de cloro y el filtro. Cabe resaltar que el flotador va dentro del tanque y solo se apreciará la válvula desde el exterior. A continuación, se presenta el detalle de las conexiones.

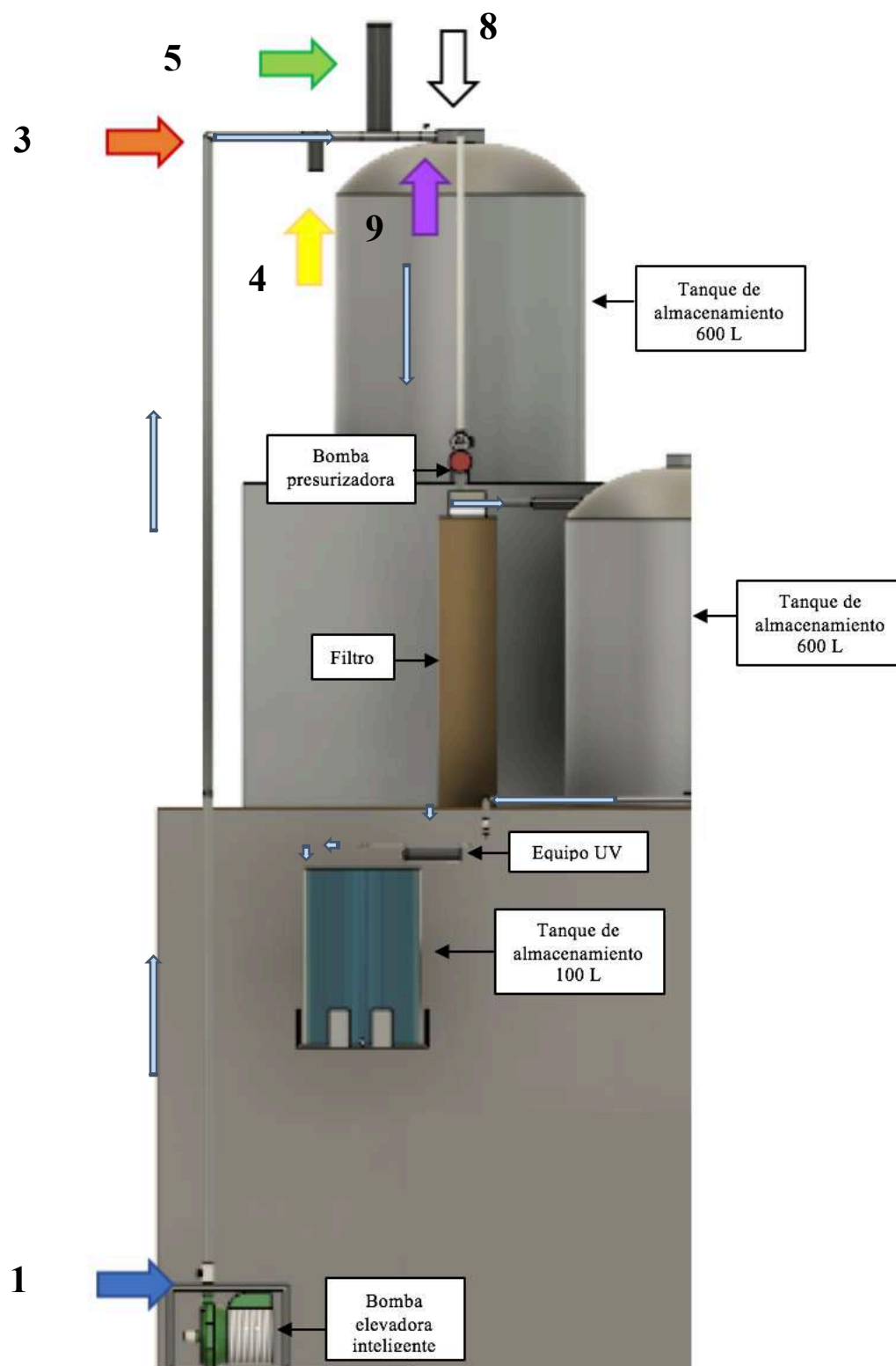


Figura 88: Conexiones del tanque de almacenamiento – Vista Frontal. (Elaboración propia)

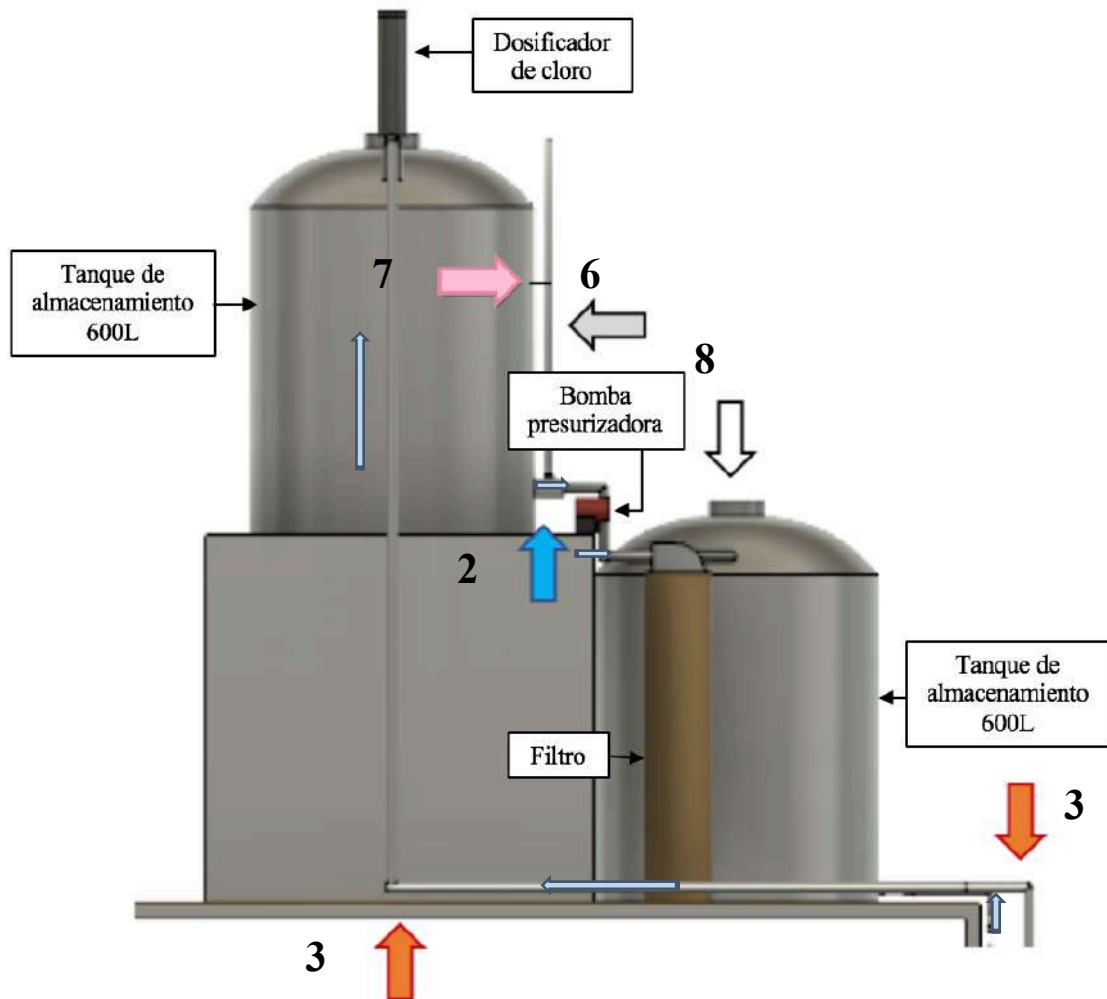


Figura 89: Conexiones del tanque de almacenamiento – Vista Lateral. (Elaboración propia)

Cada una de las flechas señalan las conexiones mencionadas anteriormente. Seguidamente se presenta la leyenda:

Tabla 29: Leyenda conexiones del tanque de almacenamiento

Leyenda		
1	Azul	Válvula de bola de 1"
2	Turquesa	Multiconector con válvula
3	Naranja	Codo de 1"
4	Amarillo	Filtro de 5 micras
5	Verde	Dosificador de cloro

6	Plomo	Tubería visor
7	Rosado	Soporte de visor
8	Blanco	Tapa Rosca
9	Morado	Válvula y Flotador
-	Celeste	Sentido del flujo del agua

Nota: Se señala por flechas de colores los componentes del sistema.

Por otro lado, en la figura se pueden observar las medidas de las tuberías; sumándolas se obtiene 8565 mm de tubería de 1". Es preciso mencionar que considerando un margen de error de corte de 5%, se optará por utilizar 9 metros de tubería.

- Conexiones del filtro

Para unir el filtro con el segundo tanque de almacenamiento, se requerirá 10 cm de tubería de 1 ½" y un codo de 1 ½" que irán conectados a la bomba presurizadora. Luego, la bomba se unirá al filtro mediante un codo de 1 ½" y 15cm de tubería de 1 ½" rellenable, y finalmente para el puerto de salida del filtro se requerirá 3 codos de 1 ½" y 85 cm de tubería de 1 ½". Cabe resaltar que para finalizar la conexión se utilizará una válvula y flotador para el segundo tanque al igual que en el caso anterior.

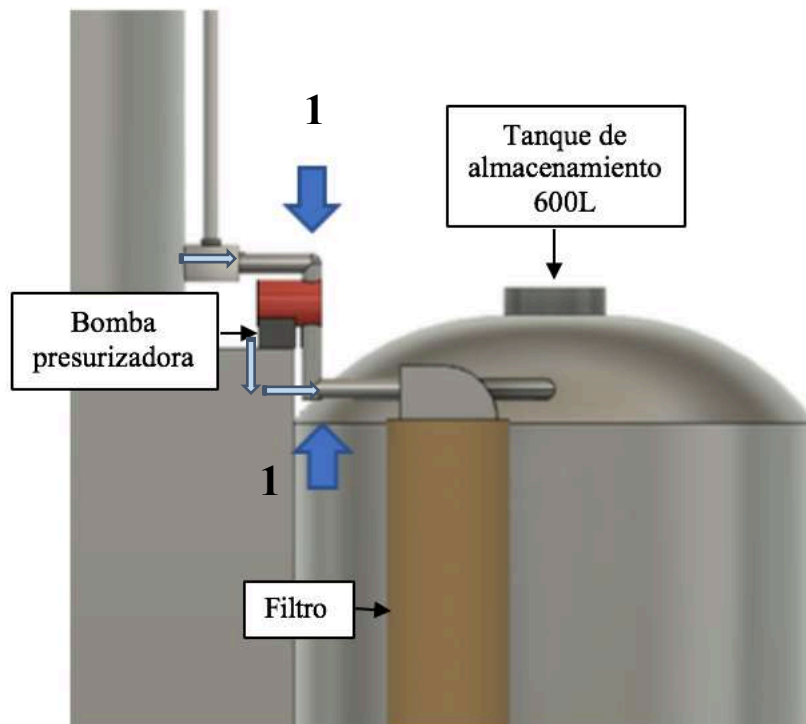


Figura 90: Conexiones del filtro I. (Elaboración propia)

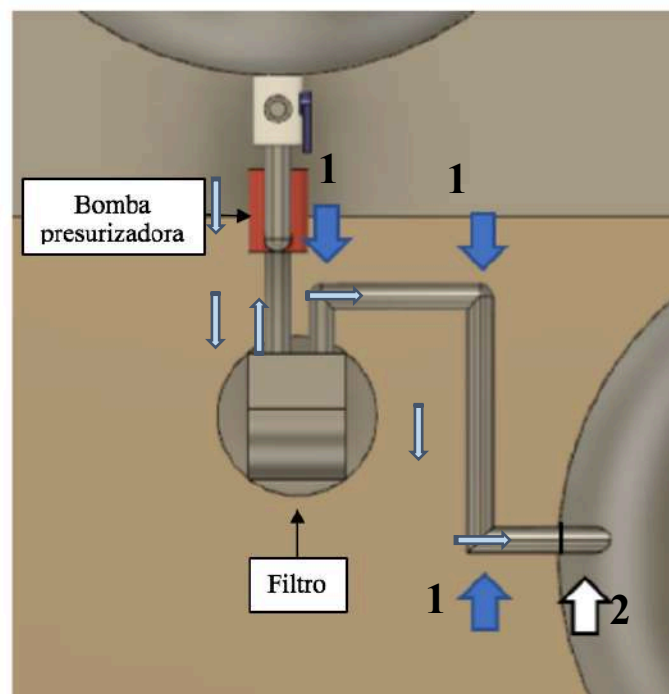


Figura 91: Conexiones del filtro II. (Elaboración propia)

Tabla 30: Leyenda de las conexiones del filtro

Leyenda		
1	Azul	Codo de 1 ½"
2	Blanco	Válvula y flotador
-	Celeste	Sentido del flujo del agua

Nota: Se señala por flechas de colores los componentes del sistema (Elaboración propia).

- Conexiones del equipo UV

Como se ha mencionado con anterioridad, para que funcione el equipo UV es necesario tener agua previamente almacenada por ende se utilizará una válvula de bola de 1" después del tanque de 600 L, la cual será abierta cuando sea necesario. Luego, se colocarán 3 codos de 1" hasta alcanzar la ubicación del equipo UV, después se utilizará una unión roscada de 1" que conectará una reducción de 1" a ¼". Después mediante una unión roscada de ¼" se unirá la reducción con un codo de ¼". Luego, se utilizará otra unión roscada de ¼" para juntar el codo con el enganche para manguera. Además, con un tubo de polipropileno de ¼" se unirá el enganche con la apertura del equipo UV. La misma conexión se repite en la otra apertura del equipo tal cual se aprecia en la figura N° 94. Finalmente, el tubo de polipropileno conectará el siguiente recipiente del almacenamiento.

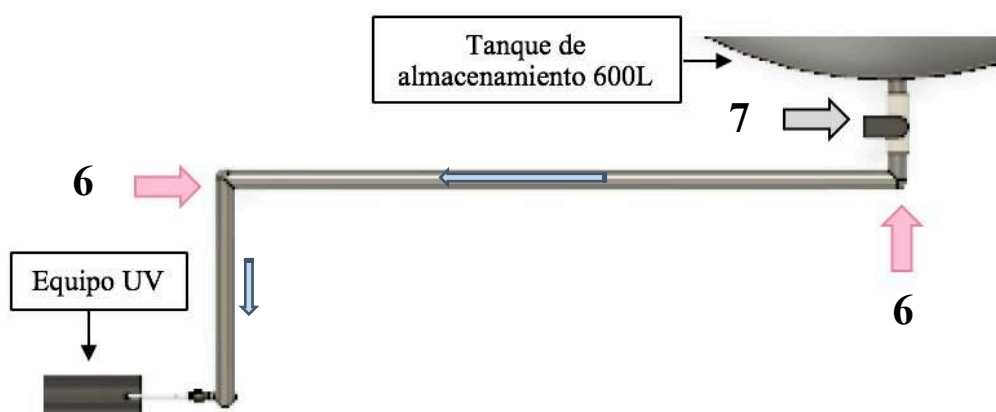


Figura 92: Conexiones del equipo UV - Vista Superior. (Elaboración propia)

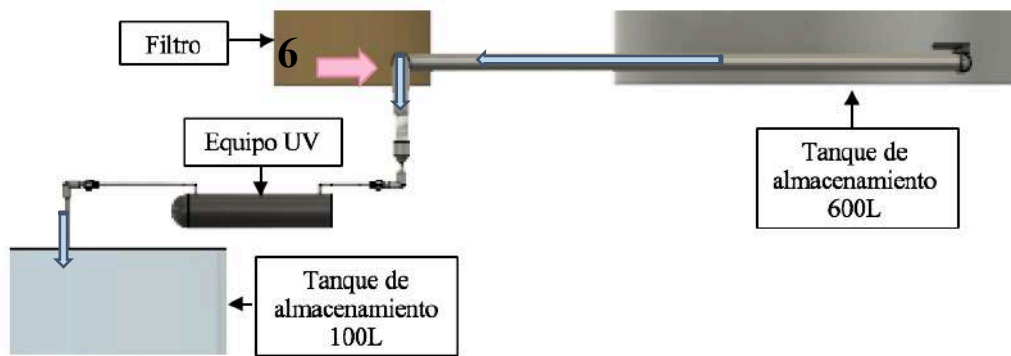


Figura 93: Conexiones del equipo UV - Vista Frontal I. (Elaboración propia)

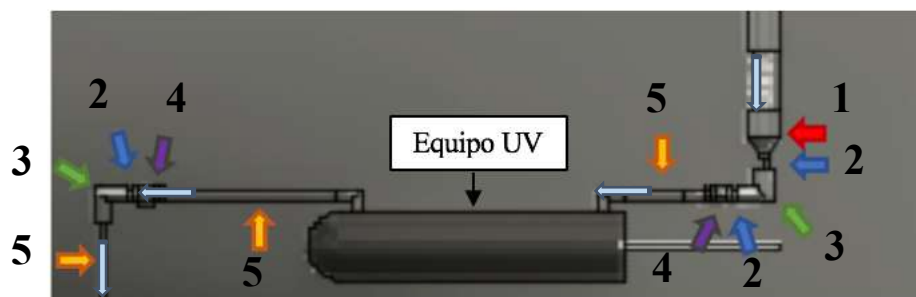


Figura 94: Conexiones del equipo UV - Vista Frontal II. (Elaboración propia)

Tabla 31: Leyenda de conexiones del equipo UV

Leyenda		
1	Rojo	Reducción de 1" a ¼"
2	Azul	Unión roscada de ¼"
3	Verde	Codo de ¼"
4	Morado	Enganche para manguera de ¼"
5	Amarillo	Tubo de polipropileno de ¼"
6	Rosado	Codo de 1"
7	Plomo	Válvula de bola de 1"
-	Celeste	Sentido del flujo del agua

Nota: Se señala por flechas de colores los componentes del sistema (Elaboración propia).

Finalmente, en el último recipiente de almacenamiento de agua tratada se colocará un caño de ½" para que los niños puedan servirse.

b. Soporte del sistema de purificación

En el sistema de purificación se encuentran dos soportes fundamentales. Un soporte para el recipiente de agua tratada y uno para el equipo UV. En ambos casos, los soportes serán de fierro negro e irán enganchados a la pared de tal manera que le de mayor estabilidad al sistema. A continuación, se explica cada uno de los casos.

En el caso del recipiente, el soporte se encontrará principalmente en la base y estará compuesto por cuatro paredes que evitarán que el recipiente se pueda caer. Además, tendrá una quinta pared en la parte trasera del recipiente que estará empotrada en la pared.

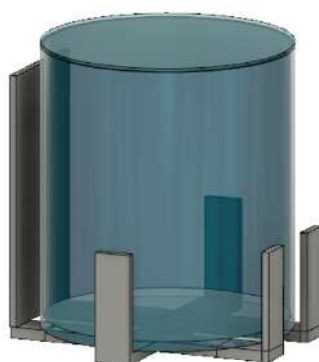


Figura 95: Soporte de recipiente. (Elaboración propia)

El equipo UV tiene un peso aproximado de 1.8kg por tal motivo no requiere un soporte que abarque todo el equipo, se usarán dos soportes alrededor del equipo que irán conectados a la pared.



Figura 96: Soporte del equipo UV. (Elaboración propia)

Fuentes de energía

El equipo UV, la bomba elevadora inteligente, la bomba presurizadora y la válvula del filtro funcionan con energía eléctrica, por eso se decidió optar por una opción más amigable

con el medio ambiente y que también promueva la actividad física en los niños. Se utilizarán dos fuentes de abastecimiento: un generador eléctrico y un panel solar.

a. Generador eléctrico del sistema de purificación de agua

El generador eléctrico es aquel dispositivo que transforma la energía cinética a energía eléctrica a través de un campo magnético que convierte el movimiento. Este generador utilizará las bicicletas tradicionales con un soporte trasero para la producción de la energía mecánica. A continuación, se presentan las características necesarias del generador.

➤ Cálculo de la potencia mecánica

Para identificar cuanta energía se puede obtener mediante el uso de la bicicleta, se considerará la fuerza promedio que puede aplicar un niño. Antes de realizar dicho cálculo debe reconocerse el tamaño de la biela de la bicicleta puesto que es fundamental para hallar el torque. Es preciso señalar que el tamaño de la biela depende de la longitud de la entrepierna.

En la Institución Educativa, la edad de los niños oscila entre 6 y 11 años. Según la figura N° 97, entre 6 a 8 años tienen una longitud de entrepierna de 51cm, de 9 a 11 años tienen una longitud de entrepierna de 61cm, y mayores a 11 años tienen una longitud superior o igual a 66cm.



Niñas/os	Altura del niño/a	Entrepiera	Tamaño ruedas en pulgadas
2 a 3 años	80-90	30	12"
3 a 4 años	90-105	30	14"
4 a 5 años	105-110	36	16"
5 a 6 años	110-125	41	18"
6 a 8 años	125-135	51	20"
8 a 11 años	135-155	61	24"
11 o más	más de 155	66 o más	26"

Figura 97: Figura de guía de tallas para bicicletas infantiles. Extraído de «Guía de tallas», de Fabregues Bicicletas, s.f.

De acuerdo con la figura anterior, para longitudes de entrepierna menores a 70 cm se considera una longitud de biela de 165 mm por lo cual no es necesario realizar un cálculo promedio de torque para el caso de los niños.

Altura	Entrepierna	Longitud de Biela
Menos de 152 cms	Menos de 70 cm.	165
Entre 152 y 158,5 cms	Entre 70 y 74 cm.	167.5
Entre 158,5 y 174 cms	Entre 74 y 80 cm.	170
Entre 172 y 183 cms	Entre 80 y 86 cm.	172.5
Entre 183 y 198 cms	Entre 86 y 93 cm.	175
Mas de 198 cms	Más de 99 cm.	177.5 - 180.0

Figura 98: Tabla de medidas de bielas. Extraído de «Elección del tamaño de biela», s.f.

Según Aizama & Cardozo, R. & Cardozo V (2013) la fuerza promedio que puede aplicar un adulto sin distinción de sexo sobre el pedal es de 30kg. Sin embargo, los siguientes cálculos se basarán en que la fuerza de los niños se encuentra a una relación 1 a 3 en comparación con los adultos, por lo cual se considerará que la fuerza promedio es de 10kg por la gravedad.

Conforme a la ecuación del torque:

$$T = F \times L \quad \dots\dots\dots (15)$$

Donde

T= torque

F= fuerza aplicada

L= longitud de la biela.



Figura 99: Figura de partes de la bicicleta. Extraído de «Partes de una bicicleta», de Cambridge University, s.f.

Reemplazando se obtiene:

$$T = 10kg \times 9.81 \frac{m}{s^2} \times 0.165m = 16.1865 Nm$$

Se obtuvo que los niños producen un torque de 16.1865 Nm

Según, D'Agostino (2014) un adulto en estado de salud aceptable produce entre 225 a 300 W de potencia. Por otro lado, para determinar la energía que pueden generar los niños entre 6 a 11 años, se observarán 5 niños pedaleando las bicicletas.

Es necesario mencionar que se segmentó el resultado entre niños de 6 a 8 años y niños de 9 a 11 años puesto que se requerirá dos tipos de bicicletas: 20" y 24".

Con respecto a los niños entre 6 a 8 años, se obtuvo una velocidad de 42.44 rpm. Y, en el caso de los niños de 9 a 11 años, una velocidad promedio de 56.96 rpm.

Tabla 32: Velocidad promedio de los niños en rpm

Velocidad en rpm						
	27/07/19	28/07/19	29/07/19	30/07/19	31/07/19	Prom
6 a 8 años	39	38	40	43	47	42.44
	45	42	52	39	46	
	45	38	42	40	40	
	37	45	43	38	44	
	43	46	43	34	52	
9 a 11 años	56	58	64	55	58	56.96
	58	57	48	53	63	
	49	53	62	65	53	
	55	57	57	64	54	
	57	65	48	63	52	

Nota: Los niños entre 6 a 8 años pueden generar 42.44 rpm; en cambio, los niños entre 9 a 11 años pueden generar 56.96 rpm. Prom = promedio

Según la siguiente ecuación:

$$W_M = T \times \omega \quad \dots\dots\dots (16)$$

Donde

W_M : Potencia mecánica

T = torque

ω = Velocidad angular

Reemplazando se obtiene:

- Para niños entre 6 a 8 años

$$W_M = 16.1865 Nm \times 42.44 rpm \times \frac{\pi}{30} \frac{rad/s}{1 rpm} = 87.243 W$$

- Para niños entre 9 a 11 años

$$W_M = 16.1865 Nm \times 56.96 rpm \times \frac{\pi}{30} \frac{rad/s}{1 rpm} = 117.09 W$$

Se puede concluir que un niño entre 6 a 8 años puede generar 87.243 W, un niño entre 9 a 11 años puede generar 117.09 W mediante el pedaleo y un adulto entre 225 a 300W. Cabe resaltar que para el caso de los adultos, se utilizará el valor promedio, es decir, 262.5 W.

➤ Transmisión de energía

Existen dos maneras de transmisión de energía. La primera es mediante engranajes, según la siguiente fórmula.

$$N_1 \times Z_1 = N_2 \times Z_2 \quad \dots\dots\dots (17)$$

Donde:

N_1 : Velocidad angular en engranaje 1

Z_1 : Número de dientes del piñón conductor (engranaje de entrada)

N_2 : Velocidad angular en engranaje 2

Z_1 : Número de dientes del piñon conducido (engranaje de salida)

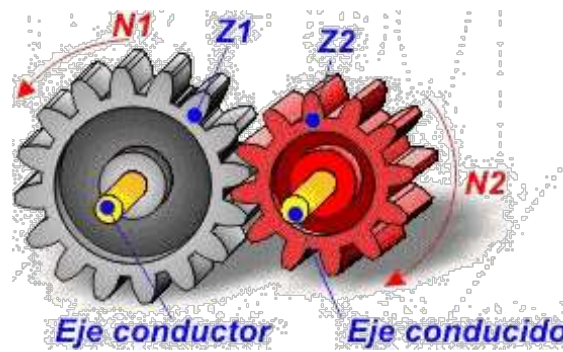


Figura 100: Transmisión de energía por engranajes. Extraído de «Actividad 8: Engranajes», de Tecnología e Informática, s.f.

En donde el segundo engranaje almacena la energía cinética generada en el primer engranaje de tal manera que pueda ser transformada a energía eléctrica mediante un generador u otro equipo similar que facilita el aprovechamiento de la energía.

Por otro lado, la segunda manera para transmitir la velocidad es mediante poleas. La polea de menor tamaño debe rodar a mayor velocidad para asegurar que la relación de transmisión se mantenga. La segunda fórmula es la siguiente.

$$N_1 \times \phi_1 = N_2 \times \phi_2 \quad \dots\dots\dots (18)$$

Donde:

N_1 = Velocidad angular 1

ϕ_1 = Diámetro 1

N_2 = Velocidad angular 2

ϕ_2 = Diámetro 2

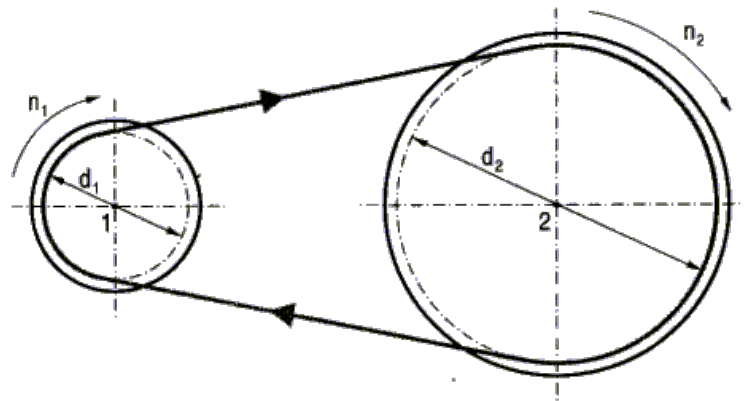


Figura 101: Figura de transmisión de energía por poleas. Extraído de «Sistema de poleas y correas», s.f.

➤ Componentes eléctricos para el generador de energía

○ Alternador

Este equipo permite la transformación de la energía mecánica en energía eléctrica dado que produce una corriente alterna por medio de inducción electromagnética. Este cambia incesantemente la polaridad con la finalidad de que exista movimiento y se produzca la energía. Además, este suministrará de energía a la batería que será el elemento que abastecerá a los equipos electrónicos. Según Gil et al. (2015) en América Latina los alternadores poseen una frecuencia de 60Hz; es decir, la polaridad varía 60 veces por segundo.

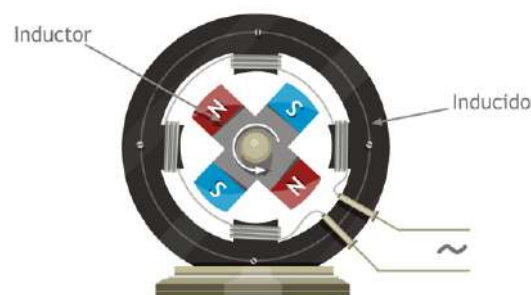


Figura 102: Modelización del funcionamiento de un generador. Extraído de «Generadores eléctricos», s.f.

El alternador este compuesto por dos elementos principales: el inductor y el inducido. El inductor es el rotor o elemento giratorio que genera el campo magnético; en cambio, el inducido es el estator que facilita la reacción de la

bobina trifásica y la corriente eléctrica. Por otro lado, para el funcionamiento de este se requiere una polea que es la que recibe la fuerza mecánica.

Según el principio de conservación de energía de Einstein, la energía producida por el niño es igual a la energía que ingresará al alternador sin importar las cadenas de transmisión que se encuentren en el medio. De acuerdo con esta afirmación, es innecesario hallar la velocidad angular que ingresa al eje del alternador para los fines del proyecto.

- Diodo o Rectificador

El diodo o rectificador facilita que la corriente eléctrica circule en un solo sentido desde el ánodo hasta el cátodo; es decir esta convierte la corriente alterna en corriente continua. Asimismo, para no perder la energía por el uso de un solo diodo, se utilizará un puente rectificador. Al estar compuesto por cuatro diodos permite que sin importar la entrada del puente rectificador la polaridad siempre sea la misma que en la salida.

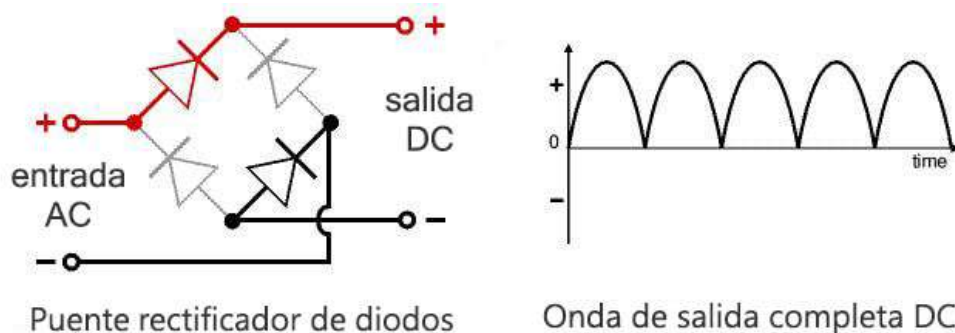


Figura 103: Esquema de un puente rectificador de diodos. Extraído de «¿Qué es un puente rectificador de diodos?», de Curiosoando, s.f.

Para escoger el puente rectificador ideal para el sistema, es importante considerar cuanta intensidad ingresará por dicho puente. De acuerdo a lo señalado en el alternador, se está considerando que la tensión será de 12V.

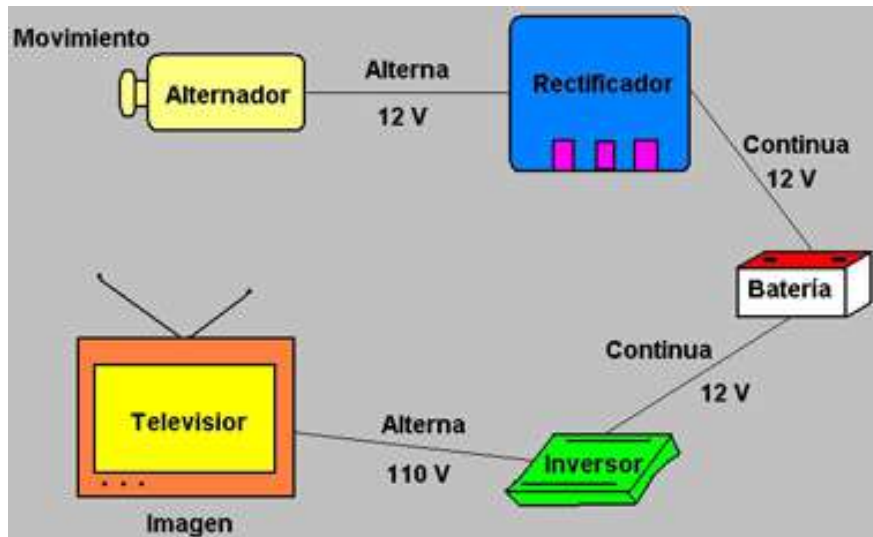


Figura 104: Figura de un sistema de un generador eléctrico. Extraído de «Bici generador», de Micons, s.f.

○ Batería

La batería es el medio por el cual se almacenará y suministrará la energía producida en el alternador. Además, esta está compuesta de celdas electroquímicas que convierten la energía almacenada en corriente eléctrica.

Conforme a lo mencionado anteriormente, un niño de 6 a 8 años puede generar 87.243 W, un niño entre 9 a 11 años puede generar 117.09 W y un adulto 262.5 W mediante el pedaleo; por lo cual se puede inferir lo siguiente:

- Para niños entre 6 a 8 años

$$\frac{340.97 \text{ W}}{87.243 \text{ W}} = 3.91 \text{ horas}$$

- Para niños entre 9 a 11 años

$$\frac{340.97 \text{ W}}{117.09 \text{ W}} = 2.91 \text{ horas}$$

- Para los adultos

$$\frac{340.97 \text{ W}}{262.5 \text{ W}} = 1.29 \text{ horas}$$

Según el resultado anterior, un niño debería pedalear por aproximadamente 4 horas para que los equipos funcionen por una hora, y un adulto por aproximadamente 2 horas; sin embargo, es ilógico que un niño o un adulto se dedique a pedalear tantas horas durante el horario de clases, por ende se ha considerado implementar una bicicleta por grado y una por un profesor. En otras palabras, serán 7 bicicletas: una para primero de primaria, una para segundo de primaria, y así sucesivamente hasta llegar a sexto de primaria, más una bicicleta para los adultos.

Utilizando 7 bicicletas se puede generar en una hora 875.472 W

$$87.243 \times 3 + 117.09 \times 3 + 262.5 \times 1 = 875.472 \text{ W}$$

La Institución Educativa cuenta con un recreo de 35 minutos durante las clases, con lo cual se puede inferir que en dicho tiempo producirán 510.692 W. Considerando que la potencia en watts es igual al voltaje por el amperaje, se buscará que opciones existen en el mercado actual que puedan satisfacer la demanda. No obstante; tomando en cuenta el efecto de joule que resalta las pérdidas energéticas debido al uso de conductores, se optará por utilizar la batería de potencia inmediatamente superior a 510.692 W. Considerando que las baterías comerciales son de 12 V, se escogerá una batería de al menos 600 W para el generador eléctrico.

Cabe resaltar que tanto la batería y el alternador serán de 12 V. Por otro lado, para calcular el tiempo que le tomará a la batería cargarse sin considerar las pérdidas energéticas o tener algún artefacto conectado se utilizará la siguiente fórmula:

$$T = \frac{\text{Potencia de la batería} \times \text{hora}}{\text{Potencia de pedaleo}} \dots\dots\dots (19)$$

Reemplazando se obtiene:

$$T = \frac{600W}{510.692 \text{ W}} = 1.17 \text{ horas}$$

De acuerdo con lo anterior se puede inferir que toma 1.17 horas cargar la batería manteniendo una potencia de pedaleo de 510.692 W.

○ Inversor de corriente de 12 V a 220V

El inversor de corriente permite rectificar el voltaje de entrada de corriente continua a un voltaje de salida de corriente alterna. En este caso, se optará por una de 12 V a 220 V. Además, para evitar que haya problemas entre la batería y el inversor de corriente, ambas tendrán la misma potencia; es decir, 600 W.

Es importante mencionar que se utilizará un inversor de corriente monofásico dado que se requiere una única corriente alterna y una única fase.

○ Correa de transmisión

Es el medio por el cual se transportará la energía mecánica al alternador. Tomando en considerando lo señalado en la figura N° 101, se realizarán los siguientes cálculos:

- Para la bicicleta aro 20" (niños entre 6 a 8 años)

$$L = 2I + \frac{\pi}{2}(D + d) + \frac{(D - d)^2}{4I} \dots\dots\dots (20)$$

Donde:

L: longitud de correa

I: distancia entre centros

D: diámetro mayor

d: diámetro menor

$$L = 2 \times (67) + \frac{\pi}{2}(50.8 + 3.85) + \frac{(50.8 - 3.85)^2}{4 \times (67)}$$

$$L = 228.07cm$$

- Para la bicicleta aro 24" (niños entre 9 a 11 años)

Reemplazando en la ecuación (20), se obtiene:

$$L = 2 \times (67) + \frac{\pi}{2} (60.96 + 3.85) + \frac{(60.96 - 3.85)^2}{4 \times (67)}$$
$$L = 247.97 \text{ cm}$$

- Para la bicicleta aro 26" (adultos)

Reemplazando en la ecuación (20), se obtiene:

$$L = 2 \times (67) + \frac{\pi}{2} (66.04 + 3.85) + \frac{(66.04 - 3.85)^2}{4 \times (67)}$$
$$L = 258.21 \text{ cm}$$

Según el resultado anterior, se requiere 228.07 cm de correa para la bicicleta de aro 20", 247.97 cm para la bicicleta de aro 24" y 258.21 cm para la bicicleta de 26", lo cual da un total de 734.25 cm de correa para la transmisión de energía mecánica.

- Repartidor

Los repartidores son borneras seleccionables de 2 polos, ideales para unir cables en paralelo con seguridad y rapidez. Estos están compuestos por dos filas de orificios en donde se realizarán las conexiones. En otras palabras, unifican los cables pertenecientes a un mismo polo de tal manera que a la salida solo haya un cable positivo y uno negativo. Las principales ventajas del repartidor son: reducción significativa de cableado y protección de los rectificadores. Se considera la última ventaja la más importante debido a que los repartidores evitarán que los rectificadores puedan malograrse en caso de que no funcionen todas las bicicletas al mismo tiempo.

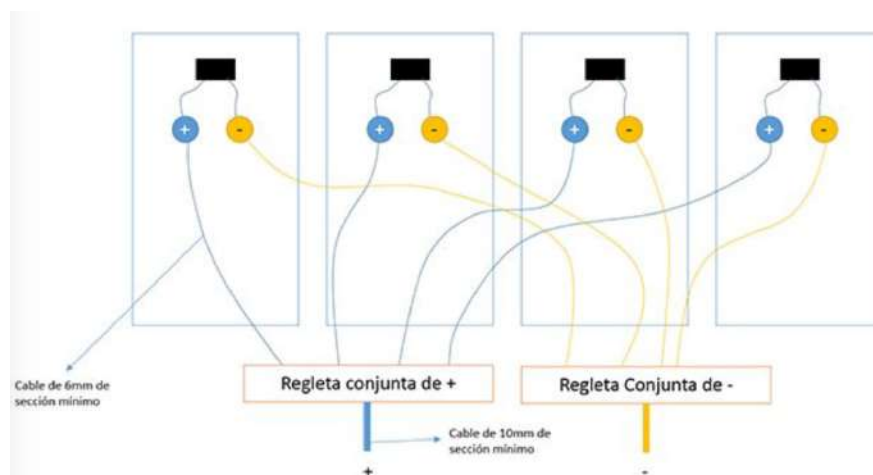


Figura 105: Figura de los aspectos del repartidor. Extraído de «Repartidor Legrand Bornera Seleccionable 40A», de AutoSolar, s.f.

➤ Secuencia del generador eléctrico

Cada bicicleta tendrá su propio alternador y rectificador. Luego, se unirán a través del repartidor que irá conectado a la batería, seguida del inversor que será el componente por el cual se conectarán los equipos electrónicos. La secuencia será la siguiente:

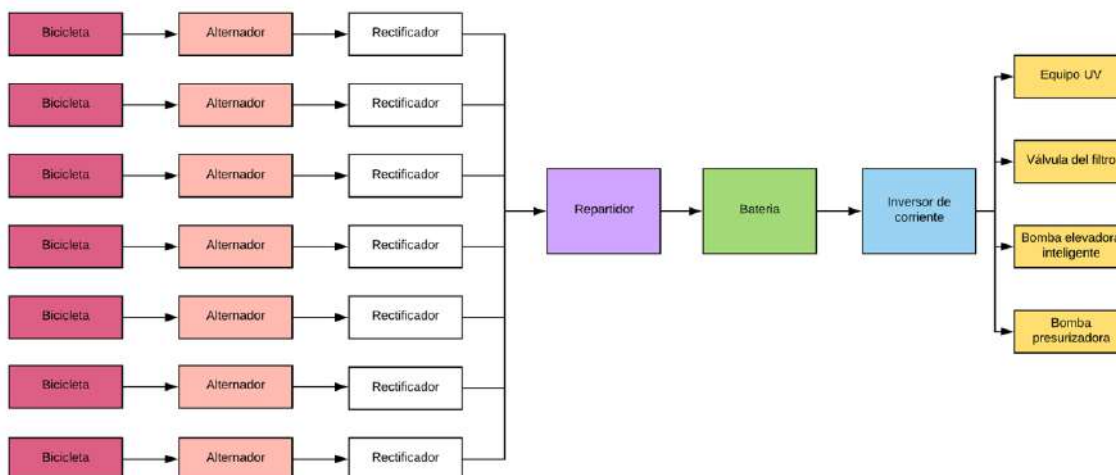


Figura 106: Secuencia del generador eléctrico. (Elaboración propia)

b. Panel Solar

Los paneles solares están compuestos por celdas fotovoltaicas, las cuales establecen un campo eléctrico que genera electricidad del tipo corriente continua cuando los fotones chocan con los electrones libres de átomos. Con la finalidad de aprovechar la energía solar y reducir el tiempo de pedaleo de las personas, se utilizará un panel solar de 200 W a 12V.

Tamaño del módulo	1332 x 992 x 35 mm
Tipo de célula	Policristalina 104 x 156 mm
Número de células	72 (6x12)
Potencia máxima (Wp)	200W
Tolerancia de potencia (%)	±3%
Voltaje en circuito abierto (Voc)	22.7V
Intensidad en cortocircuito (Isc)	11.86A
Voltaje a máxima potencia (Vm)	18.2V
Intensidad a máxima potencia (Im)	11A
Fusible máximo Serie	15A
Número de diodos	3
Longitud y tipo cable	90cm, 4mm²
Condiciones del test	1000W/m², 25°C, AM 1.5
Voltaje máximo sistema	1000Vdc
Coefficiente temperatura – Isc	+0.08558%/°C
Coefficiente temperatura – Uoc	-0.29506%/°C
Coefficiente temperatura – Pmpp	-0.38001%/°C
Temperatura normal trabajo célula	45°C
Eficiencia del módulo	15.1%
Certificados de producto	TUV(IEC 61215, IEC 61730), CE, ROHS
Certificados de la empresa	ISO9001, ISO14001, ISO18001
Peso	14.2Kg

Figura 107: Figura de especificaciones del panel solar. Extraído de «Panel Solar 200W 12V», de Era Solar, s.f.

Es preciso señalar que se considera que, en el peor de los escenarios solo se logrará generar 200 W para la hora del recreo de la IE.

c. Consideraciones para el generador y los paneles eléctricos

Conforme a las especificaciones de los proveedores de los equipos eléctricos y al tiempo que estos deberán estar en funcionamiento para que se pueda purificar el agua, se obtuvo que el consumo por los cuatro equipos eléctricos es de 340.97W

Tabla 33: Cálculo de consumo de energía

Equipo	Consideraciones	Potencia (hp)	Potencia (W)	Tiempo (h)	Consumo (Wh)
Bomba elevadora inteligente	En 42.75 min se obtendrá 570 L	0.50	372.85	0.71	265.66
Bomba presurizadora	En 34.2 min se obtendrá 570 L	0.16	74.57	0.57	42.50
Válvula	En 53.78 min se obtendrá 570 L	0.00	3.00	0.90	2.69

Equipo UV	En 301.19 min se obtendrá 570 L	0.01	6.00	5.02	30.12
Total					340.97

Nota: Se consumirá 340.97Wh para que el sistema de purificación de agua pueda tratar los 570 litros de agua.

Como se mencionó anteriormente, a pesar de que se el panel solar podría otorgar una potencia de 200 W en una hora, los cálculos se basarán en el supuesto pesimista de que en la realidad solo se obtendrá 200 W a la hora del recreo de la IE. Considerando que el panel solar dará una potencia de 200 W, el generador eléctrico deberá otorgar 140.97 W para cumplir con los 340.97 W de consumo.

Conforme a lo señalado en la sección anterior, los niños y el profesor pueden generar 875.472 W por hora, eso quiere decir que les demorará 9.66 minutos generar 140.97 W para que los equipos funcionen. Por otro lado, se recalcó líneas arriba que para el generador eléctrico se requería una batería de 600 W y para el panel solar una batería de 200 W por tal motivo se ha optado por utilizar una sola batería de 12 V 800W con la finalidad de simplificar el sistema eléctrico; así como reducir costos. Cabe resaltar que dicho cálculo ya ha considerado el efecto joule, cuando se identificó la energía que los niños y profesor podrían producir en caso de que pedalearán los 35min del recreo. Con una batería de 800 W se obtiene un margen de seguridad superior a 10%.

d. Protección de fuentes de energía

➤ Protección del generador eléctrico

Mantener la seguridad de los niños y profesores es igual de importante que ofrecer un proyecto que mejore su calidad de vida por tal motivo el generador eléctrico tendrá una protección en contra del ingreso de agua para evitar potenciales cortocircuitos.

Se utilizarán dos cajas de protección para el sistema eléctrico. La primera estará compuesta por el repartidor, batería e inversor de corriente, y estará ubicada encima de una estructura para facilitar su conexión. La segunda estará compuesta por los alternadores y los rectificadores, y estará ubicada detrás de las bicicletas sin afectar el trabajo de la correa de transmisión.

Por otra parte, es preciso señalar que para tanto la bomba elevadora como la bomba presurizadora no están diseñadas para estar a la intemperie, por tal motivo ambas también requerirán de una caja de protección independiente.

Las cajas de protección se realizarán tomando en consideración los grados de protección IP. Se reconoce el código IP como aquel sistema de codificación que permite identificar el grado de protección de una cubierta contra el contacto con el agua, componentes peligrosos o sólidos desconocidos. (“Grados de Protección proporcionados por los envoltentes de los materiales eléctricos: código IP, UNE 20324 EN 60529 y código UK, UNE-EN 50102”, s.f.). Considerando las características del sistema de tratamiento de agua, se propone utilizar una caja de protección IP65 debido a que protege contra el ingreso de cualquier cuerpo sólido y chorros de agua en cualquier dirección.

Grado de protección contra penetración de cuerpos sólidos extraños

Índice	Descripción	Alcance de la protección
0	Sin protección	Sin especial protección para personas contra un contacto directo de piezas móviles internas y las externas con vida. Sin protección a los equipamientos contra el ingreso de objetos sólidos externos.
1	Protección contra los cuerpos sólidos grandes	Protección contra el contacto accidental de grandes áreas con vida y partes interiores con movimiento, por ejemplo: la parte posterior de la mano, pero sin protección contra el acceso deliberado del mismo. Protección contra el ingreso de objetos sólidos con un diámetro mayor a 50 mm.
2	Protección contra los cuerpos sólidos medianos	Protección contra el contacto entre los dedos y las partes interiores móviles. Protección contra el ingreso de objetos sólidos con un diámetro mayor a 12,5 mm.
3	Protección contra los cuerpos sólidos pequeños	Protección contra el contacto entre las piezas móviles internas y herramientas, cables, hilos... con un espesor mayor a 2,5 mm. Protección contra el ingreso de objetos sólidos con un diámetro mayor a 2,5 mm.
4	Protección contra los cuerpos sólidos muy pequeños (granulados)	Protección contra el contacto entre las piezas móviles interiores y herramientas, cables, hilos... con un espesor mayor a 1mm. Protección contra el ingreso de objetos sólidos con un diámetro mayor a 1 mm.
5	Protección contra los residuos de polvo	Protección completa contra el contacto entre las piezas móviles interiores y el ingreso de polvo. El ingreso no se previene completamente, pero el polvo no puede penetrar en tales cantidades que puedan afectar al funcionamiento correcto del mismo.
6	Protección total contra la penetración de cualquier cuerpo sólido (estanqueidad)	Protección total contra el contacto de las piezas móviles interiores. Protección contra cualquier ingreso de polvo.

Grado de protección para agua

Índice	Descripción	Alcance de la protección
0	Sin protección	Sin ninguna protección especial.
1	Protección contra el goteo de agua vertical (condensación)	La caída vertical de gotas de agua no debe causar daños.
2	Protección contra el goteo de agua derramada verticalmente	La caída de gotas de agua con hasta un ángulo de 15° de la vertical desde cualquier dirección, no debe causar daño.
3	Protección contra agua en spray	La caída de gotas de agua con hasta un ángulo de 60° de la vertical desde cualquier dirección, no debe causar daño (lluvia).
4	Protección contra las salpicaduras de agua	Las salpicaduras de agua desde cualquier dirección, no deben de causar daños al interior.
5	Protección contra chorros de agua	Los chorros de agua producidos con manguera y desde cualquier dirección, no deben de causar daño al interior.
6	Protección contra inundaciones	La cantidad de agua que se introduzca, en casos de inundación esporádica o temporal, no deb dañar el interior. Ejemplo: los golpes de mar.
7	Protección contra la inmersión temporal	La cantidad de agua que se introduzca, en caso de sumergir el equipamiento en específicas condiciones de presión entre 1 y 30 minutos, no debe dañar las piezas internas del mismo.
8	Protección durante inmersión continua	El agua que se pueda introducir, si sumergimos el equipamiento al menos con 2 horas y con una presión de 2 bares (para los racores HelaGuard IP68 No Metálicos) y de 5 horas y con una presión de 5 bares (para los racores HelaGuard IP68 Metálicos), no deben producir daño en el interior.
9k	Protección contra la introducción de agua usando pistolas de limpieza de alta presión	El agua que se introduzca en el interior, producida al utilizar pistolas de limpieza con agua de alta presión, no debe causar daño.

Figura 108: Figura de grados de protección contra penetración de cuerpos sólidos extraños y para agua. Extraído de «Apéndice: Grados/ Índices de protección (IP) acorde a DIN EN IEC60529», de HellermannTyton, s.f.

Por otro lado, para los cables se utilizarán aquellos con protección AD según la norma UNE 20460-3:1996 considerando que existe la posibilidad de que haya contacto con gotas de agua en diversas direcciones, se propone que se utilice la protección AD4.

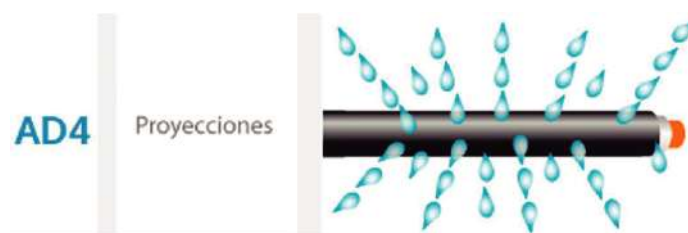


Figura 109: Figura de grado de protección AD4: posibilidad de chorros de agua en todas las direcciones. Extraído de «Exposición al agua de los cables eléctricos», Top cables, s.f.

Cabe resaltar que según el Ministerio de Energía y Minas (2011) se requiere protección física; así como señalización de seguridad. En el caso de la protección física, se utilizarán protectores de cable a prueba de agua, los cuales irán pegados a la pared para evitar accidentes. Y, en el caso de la señalización de seguridad irán letreros de riesgo eléctrico en donde estén ubicados los equipos y componentes electrónicos.

➤ Protección de panel solar

La protección del panel solar se refiere al mantenimiento y limpieza necesaria para que el panel no disminuya su efectividad. Según Sunfields Europe (s.f.) las actividades a realizar son las siguientes:

- Retirar polvo o suciedad mensualmente con pañuelos y agua, o productos abrasivos
- Limpiar la parte superior de la batería y el controlador de carga con bicarbonato de sodio y agua mensualmente
- Revisar que las celdas del panel solar no presenten deformaciones ni ralladuras mensualmente
- Comprobar el estado de la estructura del panel solar semestralmente

Diseño final del sistema de purificación

De acuerdo a los cálculos realizados anteriormente, y tomando en consideración la disponibilidad de recursos y espacio que tiene la Institución Educativa. Se ha realizado el siguiente diseño:



Figura 110: Diseño del sistema de purificación de agua - Vista Frontal. (Elaboración propia)

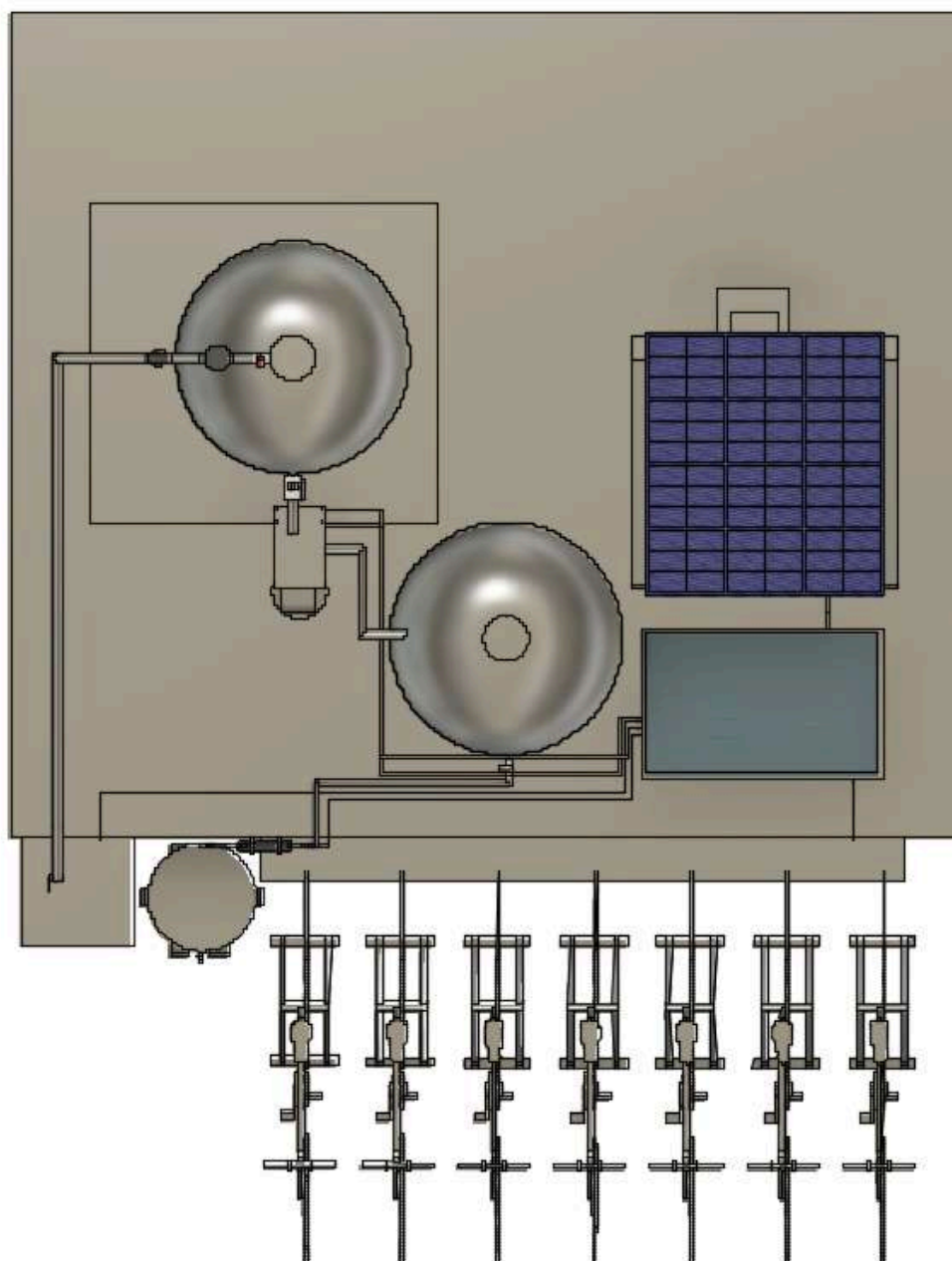


Figura 111: Diseño de purificación de agua - Vista superior. (Elaboración propia)

Es preciso mencionar que los detalles de las medidas se encontrarán en la sección de Anexos.

Fase III: Desarrollo del sistema piloto de purificación de agua

Debido a la limitación de recursos, se ha optado por realizar un producto mínimo viable. Según Ries (2011) este producto es la versión que permite recabar la mayor información con el mínimo de esfuerzo posible. Acorde con esto, se realizará una versión pequeña del filtro considerando los mismos lineamientos que la versión real.

Por otro lado, para evitar incurrir en gastos adicionales que no estén directamente relacionados con la funcionabilidad del proyecto, no se realizará la parte eléctrica; el equipo UV irá directamente conectado al toma corriente. Adicionalmente, no se adquirirá el dosificador de cloro, en su lugar se utilizarán gotas de lejía para la etapa de pre-desinfección debido a que es una opción más económica que tiene la misma funcionabilidad que las pastillas de hipoclorito de calcio. Finalmente, tampoco se utilizará un tanque de 600 L para el almacenamiento de agua; se utilizará un recipiente de 1 galón para optimizar los recursos.

A continuación, se detallan los elementos que se necesitarán para el piloto

- Cartucho rellenable de 2.5" x 20"
- Antracita 250g
- Garnet o granate 250g
- Arena de sílice 250g
- Carbón Activado 250g
- Grava de 5 micras 250g
- Grava de 1 micra 250g
- Arena verde 250g
- 11 bolsas de nylon para cada medio filtrante
- Tela filtrante de 5 micras de mínimo 5" x 10"
- 3 baldes de 1 galón
- 2 válvulas de bola de ½"
- 3 niples roscadas de ½" de acero inoxidable
- 2 codo de ½" de PVC
- 1 caño tipo ducha de 2"
- 2 reducciones campana de 2 ½" a 2" de PVC
- 1 reducción campana de ½" a ¼" de acero inoxidable
- 3 niples roscadas de ¼" de acero inoxidable
- 1 codos de ¼" de acero inoxidable
- 2 conectores de manguera de ¼" de acero inoxidable
- 1 reducción roscada de ½" a ¼"
- 15 cm de manguera de polipropileno para agua de ¼"
- 1 unión roscada de 6 cm de ¼"
- 1 caño de ½" de PVC (compuesto por una válvula de bola de ½", un niple de ½" y un codo de ½")

- Cinta teflón
- Silicona a prueba de agua
- 3 recipientes de 1 galón

De acuerdo con los elementos mencionados, se realizará el diseño del piloto mediante el programa de Autodesk Inventor. Cabe resaltar que el diseño ha sido aprobado por la Ing. Viviana Guere.

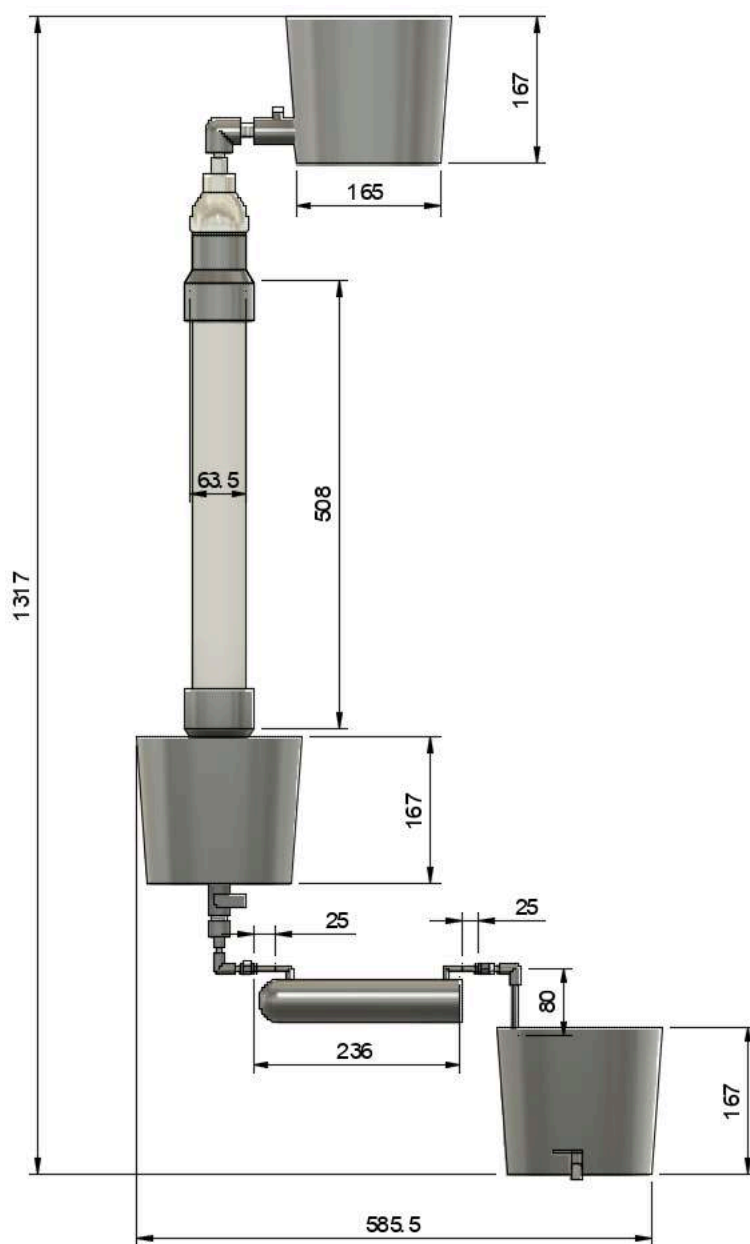


Figura 112: Diseño del piloto - Vista Frontal. (Elaboración propia)

A continuación, se presenta el procedimiento de ensamblaje para el piloto.

- ✓ Primero, se colocará la válvula de bola de $\frac{1}{2}$ " en el primer balde de 1 galón, luego se utilizará un niple roscado de $\frac{1}{2}$ " para juntar la válvula con el codo de $\frac{1}{2}$ ". Después, mediante la ayuda de un niple roscado de $\frac{1}{2}$ " se conectará el caño con el codo. Seguidamente, se juntará el caño con la reducción de $2\frac{1}{2}$ " a 2".



Figura 113: Ensamblaje de piloto – I. (Elaboración propia)

- ✓ Se llenará el filtro. Cabe resaltar que se respetará la opinión experta para el diseño, así como el orden asignado para los medios filtrantes; no obstante, en la versión piloto se incluyen bolsas de nylon para cada uno de estos puesto que facilitará la colocación y la limpieza. Luego, con la tela filtrante se cortarán 8 círculos de 2.5", luego se colocarán dos círculos antes y después de cada filtro de tal manera que sirva como división entre estos. Después se enganchará el filtro con la reducción de $2\frac{1}{2}$ " a 2" del punto anterior. Y, finalmente, se colocará la otra reducción de $2\frac{1}{2}$ " a 2" al final del filtro. Por otro lado, es preciso señalar que antes de llenar el filtro se deberán lavar los medios filtrantes hasta que el agua este limpia.



Figura 114: Ensamblaje de piloto – II. (Elaboración propia)

- ✓ Antes de realizar la unión entre la reducción y el segundo balde, se debe realizar un hueco en la base de 2cm. En la parte superior del recipiente, se ubicará la reducción; y en el hueco de 2cm se colocará la válvula de bola de 1/2”.



Figura 115: Ensamblaje de piloto – III. (Elaboración propia)

- ✓ Para conectar la válvula con el equipo UV, se respetará el siguiente orden: un niple de $\frac{1}{2}$ ", una reducción de $\frac{1}{2}$ " a $\frac{1}{4}$ ", un niple de $\frac{1}{4}$ ", un codo de $\frac{1}{4}$ ", un niple de $\frac{1}{4}$ ", un conector de manguera y un trozo de manguera de 2.5 cm. Finalmente, el trozo de manguera irá dentro del conector propio del equipo UV, se considera que solo se podrá apreciar 1.5cm de manguera dado que 0.5cm irá dentro de las conexiones.



Figura 116: Ensamblaje de piloto – IV. (Elaboración propia)



Figura 117: Ensamblaje de piloto – V. (Elaboración propia)



Figura 118: Ensamblaje del piloto - VI. (Elaboración propia)

- ✓ Para conectar el otro lado del equipo UV, se seguirá el presente orden: trozo de manguera de 2 cm, un conector de manguera, un niple de $\frac{1}{4}$ ", un codo de $\frac{1}{4}$ ", y una unión de $\frac{1}{4}$ " de 6 cm.

- ✓ Para culminar con el ensamblaje del piloto, al último balde se realizará un hueco de 1 cm, por el cual ingresará la unión de $\frac{1}{4}$ " mencionada en el punto anterior. Cabe resaltar que el último balde tendrá un caño incorporado de $\frac{1}{2}$ ".



Figura 119: Ensamblaje de piloto – VII. (Elaboración propia)

Para el correcto ensamblaje se debe tomar en cuenta, que todas las conexiones irán reforzadas con cinta teflón; y, las uniones entre los baldes y las válvulas se asegurarán mediante la aplicación de silicona a prueba de agua. Además, al igual que el diseño del sistema de purificación de agua, el piloto también requerirá de soportes en la pared con la finalidad de evitar caídas. Es preciso señalar que para dichos soportes se utilizó alambre galvanizado.



Figura 120: Elaboración del piloto - VIII. (Elaboración propia)

Por otro lado, luego de culminar el ensamblaje, se realizaron diversos cálculos para conocer el área, volumen, caudal, velocidad y tiempo de contacto en la cama vacía para cada uno de los filtros del piloto de manera independiente con el motivo de identificar las características de filtración.

a. Filtro carbón activado

✓ Área del filtro

Datos

$$r = 1.25'' \text{ o } 3.175\text{cm}$$

Reemplazando en la ecuación (11), se obtiene:

$$31.65\text{cm}^2$$

✓ Volumen del filtro

Reemplazando en la ecuación (12), se obtiene:

$$31.65\text{cm}^2 \times 14.605\text{cm} = 462.24\text{cm}^3$$

$$462.24\text{cm}^3 \times \frac{1\text{L}}{1000\text{cm}^3} = 0.46224\text{L}$$

✓ Caudal del filtro

Con la finalidad de hallar el caudal del filtro, se realizaron 10 muestras con un litro de agua para determinar cuanto tiempo demoraba la filtración. En promedio se obtuvo que demora 01:58 min o 118 s filtrar 1 litro de agua.

Tabla 34: Tiempo de filtración del filtro carbón activado-piloto

Nº de muestra	Tiempo de filtración
1	113
2	115
3	123
4	114
5	120
6	121
7	116
8	118
9	122
10	118
Promedio	118

Nota: El tiempo promedio de filtración es de 118 s.

$$Caudal = \frac{Volumen\ a\ filtrar}{Tiempo} \dots\dots\dots (21)$$

Reemplazando en la ecuación (21), se obtiene:

$$Caudal = \frac{1L}{118\ s} \times \frac{60s}{1\ min} = 0.508\ L/min$$

✓ Velocidad de filtración

Reemplazando en la ecuación (13), se obtiene:

$$Velocidad = \frac{0.508\ L/min}{31.65cm^2} \times \frac{1000cm^3}{1\ L} = 16.065\ cm/min$$

✓ Tiempo de contacto en la cama vacía (EBCT)

$$EBCT = \frac{Volumen\ del\ medio\ filtrante}{Caudal} \dots\dots\dots (22)$$

Reemplazando en la ecuación (22), se obtiene:

$$EBCT = \frac{462.24cm^3}{0.508\ \frac{L}{min} \times \frac{1000cm^3}{1L}} = 0.91\ min \approx 54.59s$$

b. Filtro arena verde

✓ Área del filtro

Datos

$$r = 1.25'' \text{ o } 3.175cm$$

Reemplazando en la ecuación (11), se obtiene:

$$31.65cm^2$$

✓ Volumen del filtro

Reemplazando en la ecuación (12), se obtiene:

$$31.65cm^2 \times 14.605cm = 462.24cm^3$$

$$462.24cm^3 \times \frac{1L}{1000 cm^3} = 0.46224 L$$

✓ Caudal del filtro

Con la finalidad de hallar el caudal del filtro, se realizaron 10 muestras con un litro de agua para determinar cuanto tiempo demoraba la filtración. En promedio se obtuvo que demora 01:35 min o 95s filtrar un litro de agua

Tabla 35: Tiempo de filtración del filtro de arena verde – piloto

Nº de muestra	Tiempo de filtración
1	99
2	95
3	94
4	94
5	93
6	98
7	95
8	94
9	93
10	93
Promedio	95

Nota: El tiempo promedio de filtración es de 95 s.

Reemplazando en la ecuación (21), se obtiene:

$$Caudal = \frac{1L}{95 s} \times \frac{60s}{1 min} = 0.631 L/min$$

✓ Velocidad de filtración

Reemplazando en la ecuación (13), se obtiene:

$$Velocidad = \frac{0.631 \frac{L}{min}}{31.65 cm^2} \times \frac{1000 cm^3}{1 L} = 19.94 \frac{cm}{min}$$

✓ Tiempo de contacto en la cama vacía (EBCT)

Reemplazando en la ecuación (22), se obtiene:

$$EBCT = \frac{462.24 cm^3}{0.631 \frac{L}{min} \times \frac{1000 cm^3}{1 L}} = 0.73 \text{ min} \approx 43.95 s$$

c. **Filtro Multimedia**

✓ Área del filtro

Datos

$$r = 1.25'' \text{ o } 3.175 cm$$

Reemplazando en la ecuación (11), se obtiene:

$$\begin{aligned} \text{Área} &= \pi * r^2 \\ &= \pi * (3.175)^2 \\ &= 31.65 cm^2 \end{aligned}$$

✓ Volumen del filtro

Reemplazando en la ecuación (12), se obtiene:

$$\begin{aligned} 31.65 cm^2 \times 14.605 cm &= 462.24 cm^3 \\ 462.24 cm^3 \times \frac{1 L}{1000 cm^3} &= 0.46224 L \end{aligned}$$

✓ Caudal del filtro

Con la finalidad de hallar el caudal del filtro, se realizaron 10 muestras con un litro de agua para determinar cuanto tiempo demoraba la filtración. En promedio se obtuvo que demora 01:45 min o 105s filtrar un litro de agua

Tabla 36: Tiempo de filtración del filtro multimedia - piloto

Nº de muestra	Tiempo de filtración
1	107
2	106
3	105
4	102
5	106
6	107
7	105
8	104
9	102
10	106
Promedio	105

Nota: El tiempo promedio de filtración es de 105 s

Reemplazando en la ecuación (21), se obtiene:

$$Caudal = \frac{Volumen\ a\ filtrar}{Tiempo}$$

$$Caudal = \frac{1L}{105\ s} \times \frac{60s}{1\ min} = 0.571\ L/min$$

✓ Velocidad de filtración

Reemplazando en la ecuación (13), se obtiene:

$$Velocidad = \frac{0.571\ L/min}{31.65cm^2} \times \frac{1000cm^3}{1\ L} = 18.041\ cm/min$$

✓ Tiempo de contacto en la cama vacía (EBCT)

Reemplazando en la ecuación (22), se obtiene:

$$EBCT = \frac{462.24cm^3}{0.571\ \frac{L}{min} \times \frac{1000cm^3}{1L}} = 0.81\ min \approx 48.57s$$

d. Caudal del piloto

Seguidamente, para hallar el caudal del sistema se optó por realizar 10 pruebas de 1L cada una. A continuación, se presentan los tiempos de purificación obtenidos.

Tabla 37: Tiempo de filtración del piloto

N°	Tiempo en filtro (s)	Tiempo en UV (s)	TiempoTotal (s)
1	519	31.66	550.66
2	518	31.66	549.66
3	515	31.66	546.66
4	521	31.66	552.66
5	524	31.66	555.66
6	522	31.66	553.66
7	516	31.66	547.66
8	524	31.66	555.66
9	515	31.66	546.66
10	524	31.66	555.66
Promedio	519.8	31.66	551.46

Nota: El tiempo promedio de filtración del piloto es de 551.46 s.

Luego de las pruebas, se obtuvo un tiempo promedio de 551.46s o 9.19min, del cual se puede inferir que el caudal promedio es 0.11 lpm.

Cabe resaltar que no se ha incluido el tiempo de pretratamiento debido a que, sin importar la cantidad de litros a desinfectar, siempre se debe esperar media hora. Asimismo, es preciso señalar que el piloto se ha diseñado en base a una escala 1 a 10 puesto que posee un caudal de 0.11 lpm y el sistema propuesto es de aproximadamente 1.19 lpm.

Fase IV: Evaluación de la eficacia y eficiencia del sistema piloto de purificación de agua

Con la finalidad de evaluar la eficacia y eficiencia del sistema piloto, se tomaron las muestras de agua para el análisis de agua respectivo de acuerdo con lo siguiente:

Tabla 38: Datos de la toma de muestra

Lugar de toma de muestra	Institución Educativa N° 34030 Raúl Porras Barrenechea
Fecha de toma de muestra	Desde el 3 de junio 2019 hasta el 28 de junio del 2019
	Solo días hábiles: lunes a viernes
Horario de toma de muestra	Del 3 de junio al 28 de junio
	- 8:00am
	- 12:30pm
	- 2:00pm
Número de muestras	61 tomas de muestra aleatorias

Nota: Se presenta la información relevante con respecto a la toma de muestras realizadas en la Institución Educativa N°34030 Raúl Porras Barrenechea.

Es preciso mencionar que la muestra N° 60 y N°61 se realizarán el mismo día y a la misma hora; sin embargo, en diferentes caños.

Como se mencionó en el capítulo III, la Institución Educativa cuenta con 4 caños en el patio para la higiene personal. Tomando en cuenta esto, se enumeró los caños del 1 al 4 de tal manera que aleatoriamente se escoja de que caño se tomará la muestra. Mediante el uso de la fórmula de excel aleatorio.entre, se obtuvo lo siguiente:

Tabla 39: Selección de caños para la muestra

		Fecha																				
		3/06/19	4/06/19	5/06/19	6/06/19	7/06/19	10/06/19	11/06/19	12/06/19	13/06/19	14/06/19	17/06/19	18/06/19	19/06/19	20/06/19	21/06/19	24/06/19	25/06/19	26/06/19	27/06/19	28/06/19	
Horario	8:00 a. m.	2	1	4	2	2	3	1	4	4	4	4	2	4	3	4	2	4	3	2	2	
	12:30 p. m.	4	2	4	4	3	4	4	3	3	3	1	4	4	1	3	2	4	4	4	4	
	2:00 p. m.	1	2	1	1	1	2	4	3	3	2	3	3	2	1	2	1	4	1	3	3/	

Nota: En 20 fechas se han realizado 61 tomas de muestra de agua.



Figura 121: Caños de la Institución Educativa N° 34030. (Elaboración propia)

Asimismo, se presenta la codificación de las muestras realizadas

Tabla 40: Códigos de muestra

Código de Muestra	Fecha	Hora
Y01	3/06/19	8:00 a. m.
Y02	3/06/19	12:30 p. m.
Y03	3/06/19	2:00 p. m.
Y04	4/06/19	8:00 a. m.
Y05	4/06/19	12:30 p. m.
Y06	4/06/19	2:00 p. m.
Y07	5/06/19	8:00 a. m.
Y08	5/06/19	12:30 p. m.
Y09	5/06/19	2:00 p. m.
Y10	6/06/19	8:00 a. m.
Y11	6/06/19	12:30 p. m.

Y12	6/06/19	2:00 p. m.
Y13	7/06/19	8:00 a. m.
Y14	7/06/19	12:30 p. m.
Y15	7/06/19	2:00 p. m.
Y16	10/06/19	8:00 a. m.
Y17	10/06/19	12:30 p. m.
Y18	10/06/19	2:00 p. m.
Y19	11/06/19	8:00 a. m.
Y20	11/06/19	12:30 p. m.
Y21	11/06/19	2:00 p. m.
Y22	12/06/19	8:00 a. m.
Y23	12/06/19	12:30 p. m.
Y24	12/06/19	2:00 p. m.
Y25	13/06/19	8:00 a. m.
Y26	13/06/19	12:30 p. m.
Y27	13/06/19	2:00 p. m.
Y28	14/06/19	8:00 a. m.
Y29	14/06/19	12:30 p. m.
Y30	14/06/19	2:00 p. m.
Y31	17/06/19	8:00 a. m.
Y32	17/06/19	12:30 p. m.
Y33	17/06/19	2:00 p. m.
Y34	18/06/19	8:00 a. m.
Y35	18/06/19	12:30 p. m.
Y36	18/06/19	2:00 p. m.
Y37	19/06/19	8:00 a. m.
Y38	19/06/19	12:30 p. m.
Y39	19/06/19	2:00 p. m.
Y40	20/06/19	8:00 a. m.
Y41	20/06/19	12:30 p. m.
Y42	20/06/19	2:00 p. m.
Y43	21/06/19	8:00 a. m.

Y44	21/06/19	12:30 p. m.
Y45	21/06/19	2:00 p. m.
Y46	24/06/19	8:00 a. m.
Y47	24/06/19	12:30 p. m.
Y48	24/06/19	2:00 p. m.
Y49	25/06/19	8:00 a. m.
Y50	25/06/19	12:30 p. m.
Y51	25/06/19	2:00 p. m.
Y52	26/06/19	8:00 a. m.
Y53	26/06/19	12:30 p. m.
Y54	26/06/19	2:00 p. m.
Y55	27/06/19	8:00 a. m.
Y56	27/06/19	12:30 p. m.
Y57	27/06/19	2:00 p. m.
Y58	28/06/19	8:00 a. m.
Y59	28/06/19	12:30 p. m.
Y60	28/06/19	2:00 p. m.
Y61	28/06/19	2:00 p. m.

Nota: Se presenta al detalle la codificación de las muestras; así como, la fecha y el horario que el que se recolectó.

Procedimiento de evaluación de toma de muestras

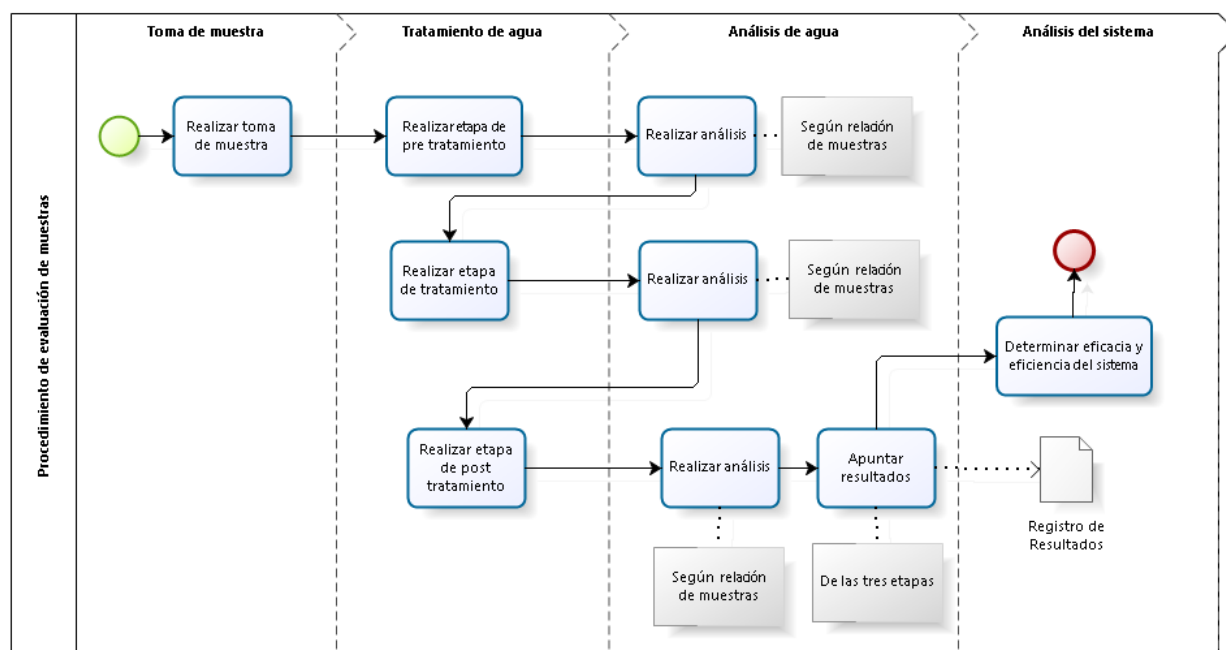


Figura 122: Diagrama de procedimiento de evaluación de muestras. (Elaboración propia)

Resultados de la toma de muestras

Mediante el uso del programa Minitab, se realizó la combinación de los factores: etapas del sistema y parámetros observados, con la finalidad de identificar que parámetro se evaluaría en cada muestra dependiendo de la etapa.

Es preciso señalar que se optó por esta modalidad puesto que no se requiere una gran cantidad de recursos para realizarlo.

Tabla 41: Resultados generales de la muestra

Código	Etapa del Sistema	Parámetros observados	Respuesta
Y01	Post tratamiento	Hierro	0.5
Y02	Tratamiento	Bacterias coliformes	8
Y03	Post tratamiento	OVL	100
Y04	Pre tratamiento	OVL	0
Y05	Tratamiento	Hierro	0.1
Y06	Post tratamiento	Turbiedad	29.42
Y07	Pre tratamiento	Turbiedad	29

Y08	Pre tratamiento	Cloro	0.5
Y09	Post tratamiento	Turbiedad	29.38
Y10	Pre tratamiento	Hierro	0.5
Y11	Post tratamiento	Bacterias coliformes	0
Y12	Pre tratamiento	Bacterias coliformes	0
Y13	Post tratamiento	Hierro	0.5
Y14	Post tratamiento	Bacterias coliformes	0
Y15	Post tratamiento	Turbiedad	30
Y16	Pre tratamiento	Cloro	0.5
Y17	Tratamiento	OVL	100
Y18	Post tratamiento	Hierro	0.5
Y19	Tratamiento	Hierro	0.1
Y20	Pre tratamiento	OVL	0
Y21	Tratamiento	OVL	100
Y22	Pre tratamiento	Bacterias coliformes	0
Y23	Tratamiento	Cloro	0.5
Y24	Tratamiento	Cloro	0.5
Y25	Tratamiento	Bacterias coliformes	8
Y26	Tratamiento	Turbiedad	4.38
Y27	Pre tratamiento	Bacterias coliformes	0
Y28	Tratamiento	Hierro	0.1
Y29	Tratamiento	Turbiedad	4.41
Y30	Pre tratamiento	OVL	0
Y31	Tratamiento	Hierro	0.1
Y32	Post tratamiento	Hierro	0.5
Y33	Post tratamiento	Cloro	3
Y34	Tratamiento	Bacterias coliformes	8
Y35	Tratamiento	Cloro	0.5
Y36	Tratamiento	Turbiedad	4.27
Y37	Post tratamiento	Turbiedad	29.05
Y38	Pre tratamiento	Hierro	0.5
Y39	Tratamiento	OVL	100

Y40	Post tratamiento	Cloro	3
Y41	Tratamiento	Turbiedad	4.45
Y42	Pre tratamiento	Turbiedad	28.97
Y43	Pre tratamiento	Cloro	0.5
Y44	Pre tratamiento	Turbiedad	29
Y45	Post tratamiento	OVL	100
Y46	Pre tratamiento	Turbiedad	29.11
Y47	Post tratamiento	Cloro	3
Y48	Pre tratamiento	OVL	0
Y49	Pre tratamiento	Cloro	0.5
Y50	Pre tratamiento	Bacterias coliformes	0
Y51	Post tratamiento	OVL	100
Y52	Post tratamiento	Cloro	3
Y53	Post tratamiento	Bacterias coliformes	0
Y54	Pre tratamiento	Hierro	0.5
Y55	Tratamiento	Bacterias coliformes	8
Y56	Tratamiento	Cloro	0.5
Y57	Post tratamiento	Bacterias coliformes	0
Y58	Post tratamiento	OVL	100
Y59	Tratamiento	OVL	100
Y60	Pre tratamiento	Hierro	0.5

Nota: Se presentan los resultados de las 60 primeras muestras (Elaboración propia).

A continuación se presenta la gráfica de interacción de las variables: etapas del sistema y parámetros evaluados.

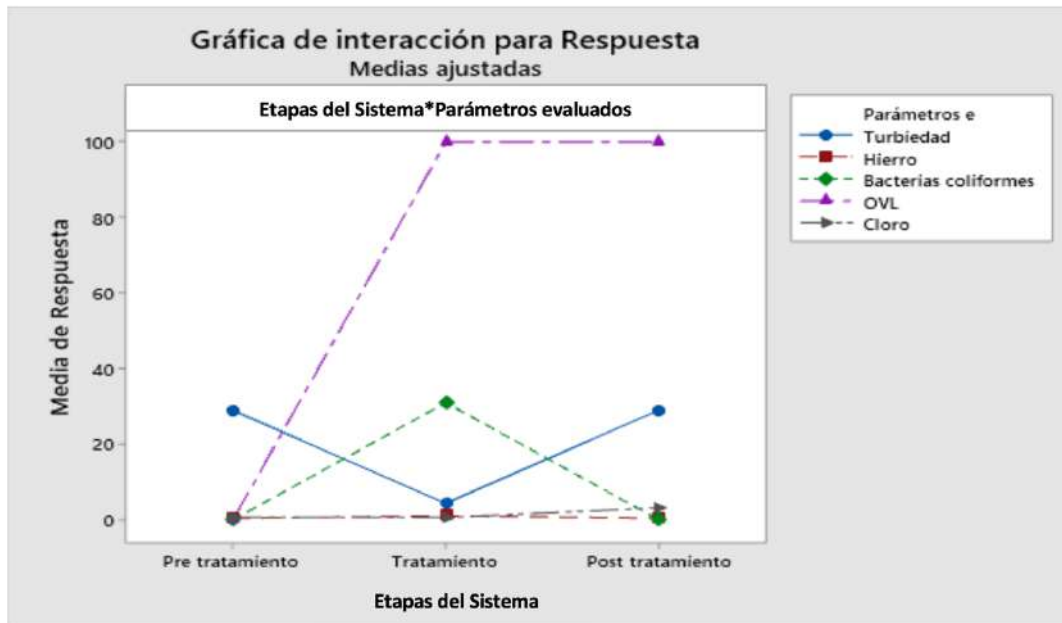


Figura 123: Gráfica de interacción. (Fuente Minitab, Elaboración propia)

De acuerdo con la figura anterior, se puede inferir lo siguiente:

- ✓ La turbiedad solo puede ser reducida en la etapa de tratamiento
- ✓ El hierro solo puede ser reducido en la etapa de tratamiento
- ✓ Las bacterias coliformes pueden ser removidos en la etapa de pretratamiento y post tratamiento
- ✓ Los organismos de vida libre (OVL) solo pueden ser removidos en la etapa de pretratamiento
- ✓ El cloro puede ser reducido en las tres etapas; sin embargo, es más efectivo en la etapa de pretratamiento y tratamiento

Seguidamente se presenta a mayor detalle los resultados dependiendo del parámetro.

a. Resultados de remoción de cloro

Para medir los resultados de cloro se utilizó las tiras reactivas Insta test 6 de la marca LaMotte. A continuación, se presentan los intervalos de medición por parámetros.

Insta-TEST® 6 Plus							
Order Code	Free Chlorine	Total Chlorine	Bromine	Alkalinity	pH	Total Hardness	Cyanuric Acid
3028	0, 0.5, 1, 3, 5, 10 ppm	0, 0.5, 1, 3, 5, 10 ppm	0, 1, 2, 6, 10, 20 ppm	0, 40, 80, 120, 180, 240 ppm	6.2, 6.8, 7.2, 7.8, 8.4, 9.0	0, 100, 250, 450, 800 ppm	0, 40, 100, 150, 250 ppm

Figura 124: Figura de parámetros de medición de Insta test 6. Extraído de «Insta test 6 Plus», de LaMotte, s.f.

Tomando en consideración lo anterior, se obtuvieron los siguientes resultados

Tabla 42: Resultados de análisis de cloro

Cód.	Etapas	Parámetro	Valor inicial	LMP	Rpta	%	¿Eficaz?
Y08	Pre tratamiento	Cloro	5.2	5	0.5	90.38%	SI
Y16	Pre tratamiento	Cloro			0.5	90.38%	SI
Y23	Tratamiento	Cloro			0.5	90.38%	SI
Y24	Tratamiento	Cloro			0.5	90.38%	SI
Y33	Post tratamiento	Cloro			3	42.31%	SI
Y35	Tratamiento	Cloro			0.5	90.38%	SI
Y40	Post tratamiento	Cloro			3	42.31%	SI
Y43	Pre tratamiento	Cloro			0.5	90.38%	SI
Y47	Post tratamiento	Cloro			3	42.31%	SI

Y49	Pre tratamiento	Cloro			0.5	90.38%	SI
Y52	Post tratamiento	Cloro			3	42.31%	SI
Y56	Tratamiento	Cloro			0.5	90.38%	SI

Nota: Cód = código, LMP = límite máximo permisible, Rpta = respuesta o resultado, % = porcentaje de remoción, ¿Eficaz? = se considera que es eficaz si logró reducir la concentración a un nivel igual o menor al LMP (Elaboración propia).

Evaluando independientemente las etapas, se puede concluir que en la etapa de pretratamiento y tratamiento se ha alcanzado una remoción de 90.38%; en cambio en la etapa de post tratamiento se ha logrado una remoción de 42.31%. Sin embargo, en las tres etapas se redujo la concentración de cloro.

Se realizó una última muestra donde se evaluó la efectividad y eficiencia del sistema completo, la cual dio como resultado lo siguiente:

Tabla 43: Eficacia y eficiencia en remoción de cloro

Cód.	Estado Inicial	Rpta	LMP	% de Remoción	¿Eficaz?	¿RR adicionales?
Y61	5.2	0.5	5	90.38%	SI	No

Nota: Cód = código, LMP = límite máximo permisible, Rpta = respuesta o resultado, ¿Eficaz? = se considera que es eficaz si logró reducir la concentración a un nivel igual o menor al LMP, ¿RR adicionales? = se considera eficiente si logró cumplir con el objetivo sin requerir recursos adicionales (Elaboración propia).

De acuerdo con el Ministerio de Salud (s.f.) si se aplican dos gotas de lejía al 5% de concentración por cada litro de agua, y se deja reposar por 30 minutos, el agua puede ser consumida. Esta afirmación fue comprobada con el análisis de agua, demostrando su eficacia y eficiencia logrando reducir más del 90% del cloro total y el resultado se encuentra por debajo de los LMP sin incurrir en nuevos recursos.

b. Resultados de remoción de hierro

Para la medición de hierro se utilizó el kit para la determinación VISCOCOLOR ECO Hierro. A continuación, se presentan los intervalos de medición por parámetros.

VISCOCOLOR® ECO Hierro 1 **REF 931 025**
Recambio **REF 931 225**
 Tipo: kit de ensayo colorimétrico
 Rangos:
 Visual: 0 · 0,04 · 0,07 · 0,10 · 0,15 · 0,20 ·
 0,30 · 0,50 · 1,0 mg/L Fe

Figura 125: Figura de intervalos de medición de hierro. Extraído de «Viscolor ECO Iron 1», de Macherey-Nagel, s.f.

Tomando en consideración lo anterior, se obtuvieron los siguientes resultados

Tabla 44: Resultados de análisis de hierro

Cód.	Etap	Parámetro	Valor Inicial	LMP	Rpta	%	¿Eficaz?
Y01	Post tratamiento	Hierro	0.49	0.3	0.5	-	NO
Y05	Tratamiento	Hierro			0.07	85.71%	SI
Y10	Pre tratamiento	Hierro			0.5	-	NO
Y13	Post tratamiento	Hierro			0.5	-	NO
Y18	Post tratamiento	Hierro			0.5	-	NO
Y19	Tratamiento	Hierro			0.07	85.71%	SI
Y28	Tratamiento	Hierro			0.07	85.71%	SI
Y31	Tratamiento	Hierro			0.07	85.71%	SI

Y32	Post tratamiento	Hierro			0.5	-	NO
Y38	Pre tratamiento	Hierro			0.5	-	NO
Y54	Pre tratamiento	Hierro			0.5	-	NO
Y60	Pre tratamiento	Hierro			0.5	-	NO

Nota: Cód = código, LMP = límite máximo permisible, Rpta = respuesta o resultado, % = porcentaje de remoción, ¿Eficaz? = se considera que es eficaz si logró reducir la concentración a un nivel igual o menor al LMP. (Elaboración propia).

Evaluando independientemente las etapas, se puede concluir que solo en la etapa de tratamiento se ha alcanzado una remoción de 85.71%; en cambio las otras etapas no están relacionadas directamente con la efectividad de remoción del hierro.

Se realizó una última muestra donde se evaluó la eficacia y eficiencia del sistema completo, la cual dio como resultado lo siguiente:

Tabla 45: Eficacia y eficiencia en remoción de hierro

Cód.	Estado Inicial	Rpta	LMP	% de Remoción	¿Eficaz?	¿RR adicionales?
Y61	0.49	0.07	0.3	85.71%	SI	NO

Nota: Cód = código, LMP = límite máximo permisible, Rpta = respuesta o resultado, ¿Eficaz? = se considera que es eficaz si logró reducir la concentración a un nivel igual o menor al LMP, ¿RR adicionales? = se considera eficiente si logró cumplir con el objetivo sin requerir recursos adicionales (Elaboración propia).

Se concluye que se ha demostrado la eficacia y eficiencia puesto que se logró reducir más del 85.71% de hierro y el resultado se encuentra por debajo de los LMP sin incurrir en nuevos recursos.

c. Resultados de remoción de turbiedad

Para la medición de turbiedad se utilizó el turbidímetro portátil 2100Q marca HACH. A continuación, se presentan los resultados del análisis

Tabla 46: Resultados de análisis de turbiedad

Cód.	Etapas	Parámetro	Valor Inicial	LMP	Rpta	%	¿Eficaz?
Y06	Post tratamiento	Turbiedad	29	5	29.42	-	NO
Y07	Pre tratamiento	Turbiedad			29	-	NO
Y09	Post tratamiento	Turbiedad			29.38	-	NO
Y15	Post tratamiento	Turbiedad			30	-	NO
Y26	Tratamiento	Turbiedad			4.38	84.90%	SI
Y29	Tratamiento	Turbiedad			4.41	84.79%	SI
Y36	Tratamiento	Turbiedad			4.27	85.28%	SI
Y37	Post tratamiento	Turbiedad			29.05	-	NO
Y41	Tratamiento	Turbiedad			4.45	84.66%	SI
Y42	Pre tratamiento	Turbiedad			28.97	-	NO
Y44	Pre tratamiento	Turbiedad			29	-	NO
Y46	Pre tratamiento	Turbiedad			29.11	-	NO

Nota: Cód = código, LMP = límite máximo permisible, Rpta = respuesta o resultado, % = porcentaje de remoción, ¿Eficaz? = se considera que es eficaz si logró reducir la concentración a un nivel igual o menor al LMP.

Evaluando independientemente las etapas, se puede concluir que solo en la etapa de tratamiento se ha alcanzado una remoción promedio de 84.91%; en cambio las otras etapas no están relacionadas directamente con la eficaz de remoción de la turbiedad.

Se realizó una última muestra donde se evaluó la eficacia y eficiencia del sistema completo, la cual dio como resultado lo siguiente:

Tabla 47: Eficacia y eficiencia en remoción de turbiedad

Cód.	Estado Inicial	Rpta	LMP	% de Remoción	¿Eficaz?	¿RR adicionales?
Y61	29	4.38	5	84.91%	SI	NO

Nota: Cód = código, LMP = límite máximo permisible, Rpta = respuesta o resultado, ¿Eficaz? = se considera que es eficaz si logró reducir la concentración a un nivel igual o menor al LMP, ¿RR adicionales? = se considera eficiente si logró cumplir con el objetivo sin requerir recursos adicionales (Elaboración propia).

Se concluye que se ha demostrado la eficacia y eficiencia puesto que se logró reducir más del 84.9% de turbiedad y el resultado se encuentra por debajo de los LMP sin incurrir en nuevos recursos.

d. Resultados de remoción de Coliformes Totales

Para identificar la concentración de coliformes totales, se envió las muestras al Laboratorio R-LAB (RUC: 20600453221 con registro de acreditación de INACAL LE - 103). A continuación, se presentan la relación de los resultados.

Tabla 48: Resultados de remoción de coliformes totales

Cód.	Etapas	Parámetro	Valor Inicial	LMP	Rpta	%	¿Eficaz?
Y02	Tratamiento	Coliformes totales	8	0	8	-	NO

Y11	Post tratamiento	Coliformes totales			0	100.00%	SI
Y12	Pre tratamiento	Coliformes totales			0	100.00%	SI
Y14	Post tratamiento	Coliformes totales			0	100.00%	SI
Y22	Pre tratamiento	Coliformes totales			0	100.00%	SI
Y25	Tratamiento	Coliformes totales			8	-	NO
Y27	Pre tratamiento	Coliformes totales			0	100.00%	SI
Y34	Tratamiento	Coliformes totales			8	-	NO
Y50	Pre tratamiento	Coliformes totales			0	100.00%	SI
Y53	Post tratamiento	Coliformes totales			0	100.00%	SI
Y55	Tratamiento	Coliformes totales			8	-	NO
Y57	Post tratamiento	Coliformes totales			0	100.00%	SI

Nota: Cód = código, LMP = límite máximo permisible, Rpta = respuesta o resultado, % = porcentaje de remoción, ¿Eficaz? = se considera que es eficaz si logró reducir la concentración a un nivel igual o menor al LMP. (Elaboración propia).

Evaluando independientemente las etapas, se puede concluir que la etapa de pretratamiento y post tratamiento se ha alcanzado una remoción promedio de 100%; en cambio la etapa de tratamiento no está relacionadas directamente con la eficacia de remoción de las bacterias coliformes totales.

Se realizó una última muestra donde se evaluó la eficacia y eficiencia del sistema completo, la cual dio como resultado lo siguiente:

Tabla 49: Efectividad y eficiencia en remoción de bacterias coliformes totales

Cód.	Estado Inicial	Rpta	LMP	% de Remoción	¿Eficaz?	¿RR adicionales?
Y61	8	0	0	100%	SI	NO

Nota: Cód = código, LMP = límite máximo permisible, Rpta = respuesta o resultado, ¿Eficaz? = se considera que es eficaz si logró reducir la concentración a un nivel igual o menor al LMP, ¿RR adicionales? = se considera eficiente si logró cumplir con el objetivo sin requerir recursos adicionales (Elaboración propia).

Se concluye que se ha demostrado la eficacia y eficiencia puesto que se logró reducir más del 100% de bacterias coliformes totales y el resultado se encuentra por debajo de los LMP sin incurrir en nuevos recursos.

e. Resultados de remoción de coliformes fecales

Para identificar la concentración de coliformes fecales, se envió las muestras al Laboratorio R-LAB (RUC: 20600453221). A continuación, se presentan la relación de los resultados

Tabla 50: Resultados de remoción de coliformes fecales

Cód.	Etapas	Parámetro	Valor Inicial	LMP	Rpta	%	¿Eficaz?
Y02	Tratamiento	Coliformes fecales	8	0	8	-	NO
Y11	Post tratamiento	Coliformes fecales			0	100.00%	SI
Y12	Pre tratamiento	Coliformes fecales			0	100.00%	SI
Y14	Post tratamiento	Coliformes fecales			0	100.00%	SI
Y22	Pre tratamiento	Coliformes fecales			0	100.00%	SI

Y25	Tratamiento	Coliformes fecales	8	-	NO
Y27	Pre tratamiento	Coliformes fecales	0	100.00%	SI
Y34	Tratamiento	Coliformes fecales	8	-	NO
Y50	Pre tratamiento	Coliformes fecales	0	100.00%	SI
Y53	Post tratamiento	Coliformes fecales	0	100.00%	SI
Y55	Tratamiento	Coliformes fecales	8	-	NO
Y57	Post tratamiento	Coliformes fecales	0	100.00%	SI

Nota: Cód = código, LMP = límite máximo permisible, Rpta = respuesta o resultado, % = porcentaje de remoción, ¿Eficaz? = se considera que es eficaz si logró reducir la concentración a un nivel igual o menor al LMP. (Elaboración propia).

Evaluando independientemente las etapas, se puede concluir que la etapa de pretratamiento y post tratamiento se ha alcanzado una remoción promedio de 100%; en cambio la etapa de tratamiento no está relacionadas directamente con la eficacia de remoción de las bacterias coliformes fecales.

Se realizó una última muestra donde se evaluó la eficacia y eficiencia del sistema completo, la cual dio como resultado lo siguiente:

Tabla 51: Efectividad y eficiencia en remoción de bacterias coliformes fecales

Cód.	Estado Inicial	Rpta	LMP	% de Remoción	¿Eficaz?	¿RR adicionales?
Y61	8	0	0	100%	SI	NO

Nota: Cód = código, LMP = límite máximo permisible, Rpta = respuesta o resultado, % = porcentaje de remoción, ¿Eficaz? = se considera que es eficaz si logró reducir la concentración a un nivel igual o menor al LMP. (Elaboración propia).

Se concluye que se ha demostrado la eficaz y eficiencia puesto que se logró reducir más del 100% de bacterias coliformes fecales y el resultado se encuentra por debajo de los LMP sin incurrir en nuevos recursos.

f. Resultados de remoción de organismos de vida libre

Para identificar la concentración de organismos de vida libre (OVL), se envió las muestras al Laboratorio R-LAB (RUC: 20600453221). A continuación, se presentan la relación de los resultados.

Tabla 52: Resultados de remoción de organismos de vida libre

Cód.	Etap	Parámetro	Valor Inicial	LMP	Rpta	%	¿Eficaz?
Y03	Post tratamiento	OVL	100	0	100	-	NO
Y04	Pre tratamiento	OVL			0	100.00%	SI
Y17	Tratamiento	OVL			100	-	NO
Y20	Pre tratamiento	OVL			0	100.00%	SI
Y21	Tratamiento	OVL			100	-	NO
Y30	Pre tratamiento	OVL			0	100.00%	SI
Y39	Tratamiento	OVL			100	-	NO
Y45	Post tratamiento	OVL			100	-	NO
Y48	Pre tratamiento	OVL			0	100.00%	SI
Y51	Post tratamiento	OVL			100	-	NO

Y58	Post tratamiento	OVL			100	-	NO
Y59	Tratamiento	OVL			100	-	NO

Nota: Cód = código, LMP = límite máximo permisible, Rpta = respuesta o resultado, % = porcentaje de remoción, ¿Eficaz? = se considera que es eficaz si logró reducir la concentración a un nivel igual o menor al LMP. (Elaboración propia).

Evaluando independientemente las etapas, se puede concluir que en la etapa de pretratamiento se ha alcanzado una remoción promedio de 100%; en cambio las otras etapas de tratamiento no están relacionadas directamente con la eficacia de remoción de los organismos de vida libre.

Se realizó una última muestra donde se evaluó la eficacia y eficiencia del sistema completo, la cual dio como resultado lo siguiente:

Tabla 53: Efectividad y eficiencia en remoción de OVL

Cód.	Estado Inicial	Rpta	LMP	% de Remoción	¿Eficaz?	¿RR adicionales?
Y61	100	0	0	100%	SI	NO

Nota: Cód = código, LMP = límite máximo permisible, Rpta = respuesta o resultado, ¿Eficaz? = se considera que es eficaz si logró reducir la concentración a un nivel igual o menor al LMP, ¿RR adicionales? = se considera eficiente si logró cumplir con el objetivo sin requerir recursos adicionales (Elaboración propia).

Se concluye que se ha demostrado la eficacia y eficiencia puesto que se logró reducir el 100% de organismos de vida libre y el resultado se encuentra por debajo de los LMP sin incurrir en nuevos recursos.

g. Resultados finales

De acuerdo con los resultados presentados en las tablas N° 43, 45, 47, 49, 51 y 53, se puede concluir que la concentración de los parámetros observados se redujo en más del 80%. A continuación, se presenta el resumen de los resultados mencionados.

Tabla 54: Resumen de resultados de remoción de los parámetros observados

Parámetro	Porcentaje de Remoción %	¿Parámetro se encuentra dentro de los LMP?
Cloro	90.38%	SI
Hierro	85.71%	SI
Turbiedad	84.91%	SI
Coliformes totales	100%	SI
Coliformes fecales	100%	SI
Organismos de vida libre	100%	SI

Nota: LMP = límites máximo permisibles.

Por otro lado, se puede inferir que el sistema piloto de purificación de agua posee un nivel de eficacia del 100% puesto que ha logrado reducir la concentración de los parámetros observados por debajo de sus límites máximos permisibles.

$$\text{Nivel de eficacia} = \frac{\text{Nº de parámetros que cumplen el objetivo}}{\text{Nº total de parámetros}} \dots\dots\dots (23)$$

Reemplazando los datos, se obtiene:

$$\text{Nivel de eficacia} = \frac{6}{6} * 100\%$$

$$\text{Nivel de eficacia} = 100\%$$

No obstante, también se puede concluir que este posee un nivel de eficiencia del 100% debido a que todos los resultados están por debajo de los límites máximo permisibles sin haber incurrido en recursos adicionales.

$$\text{Nivel de eficiencia} = \frac{\text{Recursos utilizados (soles)}}{\text{Recursos planificados (soles)}} \times 100\% \dots\dots\dots (24)$$

Reemplazando los datos, se obtiene:

$$\text{Nivel de eficiencia} = \frac{S/2365.39}{S/2365.39} \times 100\%$$

$$\text{Nivel de eficiencia} = 100\%$$

Finalmente, se deduce que el sistema propuesto para la IE cumple con el objetivo general del presente trabajo.

Fase V: Establecimiento de mecanismos para mantener la operatividad

Uno de los objetivos de este proyecto es establecer mecanismos que permitan la sostenibilidad del sistema de tratamiento de agua en el tiempo. Según Bakker, Boorsma, Mooi, Ravestijn y Paniagua (2013) actualmente existen varias formas de implementar la sostenibilidad dentro de un proyecto o una organización; sin embargo, todas están alineadas a las dimensiones de la sostenibilidad. Sorrentino (2017) resalta que existen tres dimensiones para el desarrollo sostenible: económico, medioambiental y social.



Figura 126: Tres dimensiones del desarrollo sustentable. Extraído de «Sustentabilidad», de F. Sorrentino, 2017

No obstante, aparte de las dimensiones señaladas es esencial considerar otros aspectos. De acuerdo con Gasparri (2015) para asegurar la sostenibilidad de un proyecto es fundamental analizar cada uno de los diversos tipos de sostenibilidad: institucional, financiera o económica, ambiental, tecnológica y social.

- Sostenibilidad institucional o política: se refiere al apoyo activo que puede brindar el Estado o alguna entidad similar en el proyecto. Considerando que la Institución Educativa pertenece al Estado Peruano es fundamental que el gobierno, el Ministerio de Salud y el Ministerio de Desarrollo e Inclusión Social estén involucrados en el proyecto otorgando las facilidades necesarias para asegurar la continuidad.

- Sostenibilidad social: se refiere a la concientización y capacitación de los recursos humanos, en otras palabras, fortalece las estrategias de formación y de involucramiento. Principalmente se enfoca en la población local dado que no solo son los beneficiarios sino también los socios estratégicos. En el caso de la Institución Educativa, la estrategia irá orientada a desarrollar intelectualmente a la comunidad campesina de Yurajhuanca.
- Sostenibilidad económica: se refiere a la capacidad de mantenerse o de optimizar adecuadamente los recursos de tal manera que el proyecto pueda solucionar las limitaciones económicas en el tiempo. En el caso de la Institución Educativa, el acceso a financiamiento puede depender del Estado Peruano o de las empresas mineras que podrían estar interesadas en aportar a la comunidad. Por otro lado, la Institución Educativa debería considerar medios alternos de financiación como ONG, fundaciones y similares.
- Sostenibilidad ambiental: Se refiere principalmente a que el proyecto no perjudicará ni dañará las riquezas de la naturaleza. La sostenibilidad ambiental va directamente relacionada a la preservación de los recursos naturales en el tiempo. En el caso de la Institución Educativa, se propone por medio de este proyecto, utilizar energías renovables como es el caso de la energía inagotable producida por el pedaleo dado que a través de este no solo generan electricidad, sino que es una oportunidad de ejercitarse.
- Sostenibilidad tecnológica: Se refiere a la aplicación de tecnologías adecuadas a la realidad del proyecto; es decir, que son fáciles de utilizar, encontrar y de entender por los beneficiarios. En el caso de la Institución Educativa, se ha optado por utilizar la radiación UV para la purificación junto con los medios filtrantes, estos están disponibles en la localidad de Cerro de Pasco para su reposición. Cabe resaltar que, se puede optar por establecer alianzas con los proveedores para que periódicamente entreguen las reposiciones en la Institución Educativa.

El desarrollo de la humanidad esta estrechamente relacionado con la sostenibilidad. (Costa, Martins y Mata, 2006) Es imprescindible encontrar el equilibrio entre los diversos aspectos de la sostenibilidad mencionados anteriormente.

En relación a la sostenibilidad, Cortés y Peña (2015) afirman lo siguiente:

“Es necesario entender entonces el desarrollo sustentable, como aquel que va del no-desarrollo al desarrollo con crecimiento económico material, y luego, al desarrollo sin crecimiento económico material. Implica el manejo de recursos naturales, humanos, sociales, económicos y tecnológicos, con el fin de alcanzar una mejor calidad de vida para la población, y al mismo tiempo, velar porque los patrones de consumo actual no afecten el bienestar de las generaciones futuras” (p. 50)

De acuerdo con lo anterior, se plantearán las estrategias y actividades para asegurar la sostenibilidad del proyecto.

- **Sostenibilidad Institucional**

La sostenibilidad institucional se refiere a la consolidación de las instituciones antes, durante y después del proyecto. No solo es importante que el Estado Peruano apoye en la planificación y ejecución del proyecto; sino también con el cumplimiento de los objetivos a corto, mediano y largo plazo.

Cabe resaltar que en este proyecto hay tres instituciones involucradas: el estado peruano, la entidad financiadora y la Institución Educativa. Para promover la sostenibilidad institucional, se propone desarrollar reuniones trimensuales para verificar la planeación estratégica con respecto a la Institución Educativa de tal manera que se cumpla con la demanda de los beneficiarios. Es fundamental que los involucrados en el proyecto reconozcan sus roles, tareas y responsabilidades con un enfoque integrado en donde se comparte la información. Asimismo, la sostenibilidad institucional depende del progreso o madurez de los procesos dentro de la organización para lo cual se designará una persona encargada de monitorearlos.

- **Sostenibilidad Económica**

Existen diversas entidades e instituciones que financian proyectos alrededor del Perú con tal finalidad se describirá las opciones de financiamiento existentes con el motivo de hallar la más adecuada a la realidad de la Institución Educativa.

- Ministerio de Energía y Minas

El Ministerio de Energía y Minas a través de diversas asociaciones civiles de fondo social alrededor del país financian programas a favor de las zonas de influencia de proyectos licitados por Proinversión. La Compañía Minera Volcan pertenece a las empresas licitadas de la entidad, por lo cual se puede optar por presentar el proyecto.

- Ministerio de Desarrollo e Inclusión Social (MIDIS)

A través de AYNÍ Lab Social, el Ministerio de Desarrollo e Inclusión Social promueve la innovación en proyectos sociales. Se define como un proyecto social aquel que tiene una repercusión positiva en la calidad de vida de aquellas personas que se encuentran en condición de vulnerabilidad. Este proyecto cumple con los requisitos necesarios para optar por el fondo concursable.

- Innóvate Perú del Ministerio de Producción

A través de Innovate Perú, el Ministerio de Producción financia diversos proyectos de innovación y emprendimiento alrededor del Perú.

- Empresas mineras

- Compañía Minera Volcan

Una de las zonas de influencia de la Compañía Minera Volcan es Yurajhuanca debido a esto ha realizado diversas capacitaciones para la comunidad como: capacitación sobre código de ética, y conducta al trabajador y relaciones comunitarias; así como, sesiones educativas sobre la importancia del desarrollo infantil. Además, ha realizado campañas de salud en donde han identificado quienes requieren atención inmediata otorgándoles las facilidades del caso. También, ha realizado campañas agropecuarias brindándoles asesorías y monitoreos constantes. Finalmente, ha implementado bibliotecas escolares en diversos centros educativos de sus zonas de influencia, incluyendo a Yurajhuanca (Compañía Minera Volcan, 2018).

El Ministerio de Energía y Minas (MEM) monitorea la Mesa de Diálogo del distrito de Simón Bolívar con la Minera Volcan mediante un informe en donde identifican los compromisos y el nivel de avance de cada uno de estos. A través de la Oficina de Gestión Social del Ministerio de Energía y Minas no solo se realiza el seguimiento de los compromisos asumidos por las empresas mineras sino que promueve la creación de proyectos sociales sostenibles (DS N°021-2018-EM, 2018, art.51).

Por otro lado, considerando la política de responsabilidad social corporativa (RSC) de la Compañía Minera Volcan, se propone solicitar una reunión en la mesa de diálogo donde se plantee el problema del agua en la Institución Educativa y como la inversión en el proyecto podría mejorar la calidad de vida de la comunidad.

- Compañía Minera Aurífera Aurex

Al igual que en el caso de la Compañía Minera Volcan, se puede acceder a la mesa de diálogo de la Compañía Minera Aurífera Aurex. Actualmente, dicha empresa ha entregado dispensadores para el reciclaje de los residuos de la IE N°34030 Raúl Porras Barrenechea

- Organizaciones no gubernamentales

- Sahee: Es una fundación que a través del financiamiento de proyectos relacionados con los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) mejora la calidad de vida de en el Perú y Eswatini.
- Google: La empresa americana Google donó cerca de \$5,000,000 a ONG en diversos países de América Latina que esten enfocadas en mejorar la calidad de vida de la sociedad mediante el uso de la tecnología.

De acuerdo con la información anterior, se compararán las diversas opciones de financiamiento para optar por la mejor opción. Se considerarán tres criterios: el nivel de inversión que puede realizar la entidad, el nivel de compromiso con respecto a la Institución Educativa y la accesibilidad a dialogar con la entidad para su apoyo durante

el proyecto. Se pondrá un puntaje del 1 al 3, considerando 1 como poco y 3 como basante.

Tabla 55: Criterios de evaluación de entidades

Entidad	Inversión	Compromiso	Accesibilidad	Total
Ministerio de Energía y Minas	2	3	2	7
Ministerio de Desarrollo e Inclusión Social	2	3	2	7
Ministerio de Salud	2	3	3	8
Innovate Perú	2	1	1	4
Compañía Minera Volcan	3	3	3	9
Compañía Minera Aurífera Aurex	3	1	2	6
Sahee	2	1	1	4
Google	3	1	1	5

Nota: La Compañía Minera Volcan ha alcanzado la mayor puntuación con 9 puntos; seguido del Ministerio de Salud con 8 puntos, y el Ministerio de Energía y Minas, y Ministerio de Desarrollo e Inclusión, ambos con 7 puntos. (Elaboración propia).

De acuerdo con la puntuación anterior, se ha optado por escoger la Compañía Minera Volcan debido principalmente al compromiso y accesibilidad demostrado en diversos proyectos que ha realizado para las comunidades de la zona de influencia. Cabe resaltar que para asegurar la sostenibilidad económica es importante aprovechar al

máximo los recursos disponibles. Para esto, el apoyo de la Compañía Minera Volcan es fundamental dado que no solo orientará a la Institución Educativa sobre como aprovechar los recursos sino que será una entidad con constante participación activa en el proyecto y podrá monitorear de cerca su desenvolvimiento. Es preciso señalar que el PhD. César Saenz reafirmó la importancia de las mesas de diálogo como un medio para alcanzar los objetivos del proyecto. Además, recalcó que la sostenibilidad es viable bajo esta modalidad.

- **Sostenibilidad social**

Los alumnos, los profesores, los padres de familia y la directora de la Institución Educativa son primordiales para el modelo de sostenibilidad propuesto. Este proyecto busca que a través de la transmisión y creación de conocimientos y tecnologías innovadoras se pueda realizar un cambio social significativo para la comunidad de Yurajhuanca. Con la finalidad de construir una relación de confianza que sea inclusiva y brinde oportunidades de mejora tanto para las empresas mineras como para la Institución Educativa, se proponen las siguientes acciones como parte del plan de sostenibilidad social.

Tabla 56: Acción para la sostenibilidad social - I

Acción	Contribuir al desarrollo y calidad de vida de Yurajhuanca
Descripción	<p>Mediante programas de educación acerca de la importancia del agua y la energía, se capacitará tanto a los alumnos, profesores, padres de familia y otros miembros de la comunidad que estén interesados.</p> <p>El programa acerca de la importancia del agua estará compuesto por diversas clases de dos horas cada una para los adultos y para los niños de una hora cada una. Los temas serán los mismos para ambos casos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ciclo natural del agua y criterios de calidad - Contaminación del agua y prevención

	<ul style="list-style-type: none"> - Recomendación de hábitos de higiene - Tratamiento de agua y métodos de purificación caseros <p>Finalmente, se propondrá realizar un proyecto sobre purificación de agua casera que podrá ser realizado en grupos para afianzar sus conocimientos en el tema.</p> <p>El programa acerca de la importancia de la energía también estará compuesto por diversas clases de dos horas cada una para los adultos y para los niños de una hora cada una. Los temas serán los mismos para ambos casos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Importancia de la energía - Tipos de energía - Energías Renovables I - Energías Renovables II <p>Al igual que en el programa de importancia del agua, también se propondrá realizar un proyecto casero de mini generadores de energía.</p> <p>Ambos programas tienen como finalidad enseñar, tanto a los niños y adultos, que existen diversas maneras de mejorar su situación actual. No solo aprenderán nuevos temas sino que podrán aprender de manera didáctica sobre la ingeniería y lo importante que es en la actualidad para realizar el cambio en la sociedad.</p> <p>Cabe resaltar que se buscarán voluntarios que den estas clases, podrán ser tanto alumnos universitarios como profesionales. Asimismo, se entregará la información de las clases de manera impresa.</p>
Documentación o Indicador	Informe de resultados del programa de importancia de agua y energía

Nota: Se explica a detalle el procedimiento para realizar la acción de sostenibilidad. (Elaboración propia).

Tabla 57: Acción para la sostenibilidad social - II

Acción	Capacitación en uso y mantenimiento del sistema de purificación de agua
Descripción	<p>Con la finalidad de potenciar la vida útil del sistema es fundamental realizar una capacitación sobre el uso y mantenimiento del equipo. Esta capacitación se realizará en dos fechas, una será clase teórica y la segunda será una clase práctica.</p> <p>Esta capacitación está dirigida a los profesores, directora de la Institución Educativa, padres de familia, personal de limpieza y seguridad, y cualquier otro miembro de la comunidad interesado en aprender del funcionamiento del sistema. Las capacitaciones irán de la mano con un manual ilustrativo con lenguaje sencillo para facilitar el entendimiento.</p> <p>Las sesiones de mantenimiento del primer año del equipo, se realizarán con el apoyo del expositor de las capacitaciones de tal manera que se pueda corroborar que se ha entendido el funcionamiento del equipo.</p> <p>Cabe resaltar que la persona encargada principalmente del mantenimiento será la persona de limpieza y seguridad. Y, con la finalidad de evitar el olvido de las fechas de mantenimiento, al costado del equipo se colocará un cronograma anual donde se señalará quien realizará el mantenimiento y cuando.</p>
Documentación o Indicador	Informe de capacitación de mantenimiento del equipo

	Manual de funcionamiento de los equipos
	Cronograma de mantenimiento de los equipos
	Porcentaje de asistencia a capacitación superior al 90%

Nota: Se explica a detalle el procedimiento para realizar la acción de sostenibilidad. (Elaboración propia).

Tabla 58: Acción para la sostenibilidad social - III

Acción	Reforzar relaciones estables y duraderas con la Compañía Minera Volcán
Descripción	<p>Tanto para la comunidad campesina de Yurajhuanca como para la Compañía Minera Volcan, mantener una relación de confianza a largo plazo beneficia a ambas partes.</p> <p>Por tal motivo, se sugiere realizar una alianza estratégica en donde a través de capacitaciones promovidas por la empresa minera, los miembros de la comunidad tengan la oportunidad de trabajar regularmente en la mina como operarios.</p> <p>Se considera que a través de la promoción de trabajo, se podrá mejorar la relación entre ambas partes dado que la comunidad podrá observar y conocer como esta trabajando la empresa e identificar si cumplen con sus compromisos. Además, esto facilitará una constante interacción entre la comunidad y la mina, en donde se podrá aprovechar las nuevas oportunidades de mejora.</p> <p>De acuerdo con Eckhardt, Gironda, Lugo, Oyola y Uzcátegui (2009), cuando no existe una participación activa de las comunidades no se puede desarrollar proyectos de inversión social. Asimismo, resalta que</p>

	cuando la comunidad participa en todos los niveles del proyecto, se alcanzan resultados favorables.
Documentación o Indicador	Informe de los resultados de las capacitaciones Porcentaje de miembros de la comunidad dentro de la empresa minera superior al 20%

Nota: Se explica a detalle el procedimiento para realizar la acción de sostenibilidad. (Elaboración propia).

Tabla 59: Acción para la sostenibilidad social - IV

Acción	Promover la actividad física entre los alumnos
Descripción	<p>Como se ha mencionado con anterioridad, se está optando por utilizar una bicicleta como medio para generar energía mecánica que más adelante será convertida a energía eléctrica para el funcionamiento del sistema.</p> <p>Actualmente los alumnos no tienen espacio suficiente para realizar actividades físicas en sus horas libres como es el recreo con tal finalidad se propone que a través de competencias los alumnos se animen a no solo utilizar el sistema sino también ejercitarse.</p> <p>Se plantea realizar premiaciones mensuales donde el grupo de niños que ha generado la mayor cantidad de agua purificada obtenga un reconocimiento y/o un premio según el criterio de la directora de la Institución Educativa. Diariamente se mantendrá un registro sobre la cantidad de agua que se ha purificado por grupo de niños, este registro estará a cargo de la directora pero también será de libre acceso para los alumnos con la finalidad de que puedan observar su avance y esforzarse aún más por salir ganadores.</p>
Documentación o Indicador	Registro de agua purificada por grupo de niños

	Incrementar mensualmente en 5% la participación de los alumnos
	Incrementar mensualmente la cantidad de agua purificada en 5%

Nota: Se explica a detalle el procedimiento para realizar la acción de sostenibilidad.

- Sostenibilidad ambiental

Este proyecto comparte la preocupación por las consecuencias de la actividad humana sobre la naturaleza. Por consiguiente, a través del proyecto se promueve la utilización de energías renovables como una fuente amigable con el medio ambiente. Para ello se plantea reducir el consumo de energía eléctrica tradicional a través del uso de la energía mecánica producida por el pedaleo de los alumnos con bicicletas estáticas.

Actualmente, el proyecto se esta enfocando en la energía mecánica como fuente alterna para el sistema, pero más adelante podría utilizarse esta energía para todo la Institución Educativa o tal vez otra energía renovable que se adapte a sus necesidades. A continuación, se presenta las acciones a realizar como parte del plan de sostenibilidad ambiental.

Tabla 60: Acción para la sostenibilidad ambiental - I

Acción	Reducción y sensibilización de consumo de la energía eléctrica no renovable
Descripción	<p>Se elaborará un tríptico ilustrativo acerca de la importancia de minimizar el consumo de energía que será entregado tanto a alumnos como profesores y padres de familia. Además, este tríptico contendrá algunas recomendaciones para evitar malgastar la electricidad. Por ejemplo:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Utilizar luminarias o focos ahorradores - Mantener las luces apagadas cuando no sean necesarias - Maximizar el uso de luz natural - Desconectar los equipos electrónicos que no estén en uso

	<p>- Limpiar periódicamente las luminarias</p> <p>Además, se propone realizar una charla trimestral de 15 minutos en donde los alumnos puedan comentar como reducen el consumo de energía en la Institución Educativa y en sus hogares.</p> <p>Por otro lado, se mantendrá un registro del consumo de energía de la Institución Educativa con la finalidad de monitorear el avance.</p>
Documentación o Indicador	<p>Tríptico ilustrativo acerca del consumo de energía</p> <p>Reducción mensual de consumo de energía en 3%</p>

Nota: Se explica a detalle el procedimiento para realizar la acción de sostenibilidad.

Tabla 61: Acción para la sostenibilidad ambiental - II

Acción	Gestión y sensibilización de residuos
Descripción	<p>Para la adecuada reducción y segregación de residuos se propone una gestión integral en donde se aprovechen los residuos que sean ambiental, técnica y sanitariamente viables; y se reduzcan los costos de tratamiento de residuos peligrosos.</p> <p>i. Separación en la fuente: Esta se refiere a la clasificación y disposición de los residuos de acuerdo con el código de colores asignado. Se debe tener en consideración lo siguiente: primero se debe identificar si el residuo es reutilizable, luego se clasifica y deposita en el contenedor asignado según las características del residuo. Por otro lado, los residuos que sean plástico deben compactarse para optimizar el espacio; y en el caso del papel y cartón no se pueden arrugar. Cabe resaltar que el papel y cartón deben estar libres de residuos de comida, grasa o similares para poder reutilizarlos.</p>

- ii. Depósito de residuos: De acuerdo con el código de colores para residuos sólidos del DS N° 024- 2016 – MEM: Reglamento de seguridad y salud ocupacional en minería del Ministerio de Energía y Minas (2016), se presenta la siguiente tabla para la clasificación de residuos.

TIPO DE RESIDUOS	MATERIALES A DISPONER	COLOR DE BOLSA	ETIQUETA
Aprovechables (Reciclables)	Papel y cartón	Azul	Rotular: Material Reciclable
	Plástico	Blanco	Rotular: Material Reciclable
General	Sobrantes de comidas, cascaras de frutas y similares	Negro	Rotular: Residuo General
Peligroso	Restos de sustancias químicas y sus empaques o recipientes, y similares	Rojo	Rotular: Residuo Peligroso

- iii. Recolección de recipientes: En coordinación con la Municipalidad de Simón Bolívar, se entregarán los residuos recolectados para su posterior disposición. Cabe señalar que la persona encargada de la recolección deberá utilizar EPP (guantes, lentes,

	<p>delantal, etc). Además, queda prohibida revolver los residuos, la segregación debe mantenerse.</p> <p>iv. Sensibilización: Para asegurar que tanto los niños como profesores clasifiquen correctamente los residuos, es fundamental que reciban una capacitación. Se propone que existan dos capacitaciones, una para los niños y otra para los profesores. Estas capacitaciones tendrían una duración aproximada de 1 hora en donde no solo se explicarán como clasificar los residuos sino como reducirlos. También, se colocará una figura sobre la clasificación de residuos en donde se coloquen los recipientes y en cada salón para que todos tengan fácil acceso a la información.</p> <p>Por otro lado, se debe considerar que después del mantenimiento del sistema puede que se generen diversos residuos no peligrosos como es el caso de los medios filtrantes, los cuales corresponden a residuos generales.</p>
Documentación o Indicador	<p>Incremento mensual de 5% de residuos reciclables entre el total de residuos</p> <p>Reducción mensual de 5% de residuos generales</p>

Nota: Se explica a detalle el procedimiento para realizar la acción de sostenibilidad.

Tabla 62: Acción para la sostenibilidad ambiental - III

Acción	Abastecimiento de agua potable a la comunidad campesina de Yurajhuanca
Descripción	<p>Una de las razones por la cual se está desarrollando este proyecto es para motivar a la comunidad campesina de Yurajhuanca que luche por vivir dignamente. Muchos de ellos no creen posible que puedan tener agua limpia puesto que nunca han visto compromiso por parte de las autoridades en ese aspecto. Es por esto que se propondrá una versión del sistema de purificación de agua para toda la localidad con la finalidad de que en un futuro cercano puedan implementarla ya sea con recursos propios o con financiación externa.</p> <p>Además, se propondrá realizar un estudio a la red pública para identificar donde debería ubicarse el sistema. También, para asegurar su duración en el tiempo se capacitará a los miembros de la comunidad que quieren ser parte del proyecto con el motivo de que ellos sean quienes operen la planta y realicen un monitoreo constante de esta.</p> <p>Finalmente, se desarrollará campañas de concientización que promuevan la reducción del consumo de agua. A pesar de que es importante que tengan la posibilidad de acceder a agua limpia también deben velar por ahorrar los recursos. Se propone que se realicen campañas de la mano de Sunass para que puedan asistir tanto a la Institución Educativa como a la comunidad a explicar la importancia de ahorrar agua.</p>
Documentación o Indicador	<p>Reducción mensual de 5% del consumo de agua</p> <p>Obtención de agua apta para el consumo</p>

Nota: Se explica a detalle el procedimiento para realizar la acción de sostenibilidad.

- Sostenibilidad tecnológica

La sostenibilidad tecnológica hace referencia a la capacidad que tiene un proyecto en aplicar tecnologías fáciles de utilizar y entender que satisfagan las necesidades del público objetivo adecuadamente. Según Tricalcar (2007) para considerar que la tecnología es adecuada al proyecto debe contar con las siguientes características: fácil de mantener, reemplazar o reparar; accesible económicamente; apropiada para el contexto; adaptable; y fácil de manejar. Conforme a lo anterior, se describirá como el equipo UV, la válvula del filtro, la bomba presurizadora y la bomba elevadora inteligente cumplen con todas las características.

Tabla 63: Sostenibilidad tecnológica - Equipo UV

Equipo UV	
Fácil de mantener, reemplazar o reparar	No requiere de un especialista para el mantenimiento del equipo. Además, el cambio de la lámpara UV bajo condiciones normales es anualmente; y debido a que esta lámpara es un modelo comercial siempre se encuentra en stock con el proveedor. En todo caso también se puede optar por comprar el repuesto en la ciudad de Cerro de Pasco.
Accesible económicamente	No se debe incurrir en costos mensuales ni tampoco tiene altos costos de instalación. Por otro lado, el equipo UV tiene un costo de \$70 dólares americanos por única vez; luego solo se debe incurrir anualmente en un costo de \$15 dólares americanos. En comparación con otros equipos de desinfección, el equipo UV tiene la mejor relación precio-calidad de todos.
Apropiada para el contexto	El equipo UV es pequeño y ligero requiere de un voltaje de 220 V que es lo normal en Perú, evitando así adaptadores o similares. Además debido a su carcasa de cuarzo puede estar expuesto a la intemperie sin ningún problema.

Adaptable	De acuerdo a los cálculos realizados anteriormente, actualmente se requieren 0.31 gpm; sin embargo, el equipo tiene una capacidad de 0.5 gpm lo cual le permitirá abastecer aún más la Institución Educativa considerando que su consumo se incrementa. Por otro lado, debido al tamaño del equipo se puede utilizar hasta una lámpara que otorgue hasta 1gpm. Cabe resaltar que el equipo acepta todas las marcas de lámpara.
Fácil de manejar	Este equipo es sencillo de aprender a manejar dado que solo debe conectarse para que funcione. Además, el ensamblaje es igual de sencillo dado que el procedimiento se resume a colocar la lámpara en la carcasa y cerrarla.

Nota: Se evaluó la sostenibilidad tecnológica detalladamente según los siguientes criterios: fácil de mantener, reemplazar o reparar; accesible económicamente; apropiada para el contexto; adaptable; y fácil de manejar.

Tabla 64: Sostenibilidad tecnológica -Válvula de filtro

Válvula de filtro	
Fácil de mantener, reemplazar o reparar	No requiere de un especialista para el mantenimiento del equipo. Además, al ser automática, facilita los retrolavados.
Accesible económicamente	No se debe incurrir en costos mensuales ni tampoco en costos de instalación. Por otro lado, tiene un costo de \$150 dólares americanos por única vez.
Apropiada para el contexto	La válvula es pequeña, ligera y consume solo 3 Wh.
Adaptable	De acuerdo con la ficha técnica de la válvula, está puede utilizarse en otros filtros con mayor capacidad sin ningún problema.
Fácil de manejar	Este equipo es sencillo de aprender a manejar dado que solo debe conectarse para que funcione. Además, no

requiere de procesos complejos para su ensamblaje puesto que solo debe engancharse al filtro.

Nota: Se evaluó la sostenibilidad tecnológica detalladamente según los siguientes criterios: fácil de mantener, reemplazar o reparar; accesible económicamente; apropiada para el contexto; adaptable; y fácil de manejar.

Tabla 65: Sostenibilidad tecnológica -Bomba elevadora

Bomba elevadora inteligente	
Fácil de mantener, reemplazar o reparar	No requiere de un especialista para el mantenimiento del equipo. Además, no requiere de implementos sofisticados para el procedimiento y bajo condiciones normales, el mantenimiento se realiza anualmente. Asimismo, este equipo es relativamente nuevo en el mercado peruano pero debido a sus características superiores a las bombas elevadoras tradicionales ha aumentado su apogeo rápidamente.
Accesible económicamente	No se debe incurrir en costos mensuales ni tampoco tiene altos costos de instalación. Por otro lado, el equipo cuesta el doble que una bomba elevadora normal pero debido a sus atributos vale la pena optar por esa opción. A diferencia de las bombas elevadoras tradicionales, esta bomba no requiere de un tanque cisterna para su funcionamiento puesto que puede ser colocada directamente a la red pública sin afectar a los demás hogares. También, es ahorrativa puesto que cuando no necesita distribuir más agua se apaga automáticamente. Además, debido a que se apaga automáticamente, se evita que la bomba se pueda quemar y deba ser reemplazada por una nueva. En comparación con otros equipos similares, la bomba elevadora inteligente tiene la mejor relación precio-calidad de todos.
Apropiada para el contexto	La bomba elevadora inteligente es pequeña y ligera, la cual requiere de un voltaje de 220 V que es lo normal en Perú,

	evitando así adaptadores o similares. Además, considerando que en Cerro de Pasco hay ocasiones en las cuales no se cuenta con agua las 24 horas del día es ideal puesto que la bomba se apaga cuando no esta en uso de tal manera que se evita que la bomba se malogre.
Adaptable	La bomba tiene un caudal de máximo 3000 L/h, lo cual es superior a lo demandado actualmente y permitirá que la Institución Educativa pueda aumentar su consumo.
Fácil de manejar	Este equipo es sencillo de aprender a manejar dado que solo debe conectarse para que funcione. No requiere de algún tipo de instalación eléctrica, y luego de culminar el llenado del tanque se detendrá sola.

Nota: Se evaluó la sostenibilidad tecnológica detalladamente según los siguientes criterios: fácil de mantener, reemplazar o reparar; accesible económicamente; apropiada para el contexto; adaptable; y fácil de manejar.

Tabla 66: Sostenibilidad tecnológica -Bomba presurizadora

Bomba presurizadora	
Fácil de mantener, reemplazar o reparar	No requiere mantenimiento. Además, este equipo funciona en automático y es ideal para aumentar la presión de agua de manera sencilla.
Accesible económicamente	El equipo es uno de los más económicos en el mercado. Asimismo, no se requiere incurrir en gastos adicionales por la instalación o mantenimiento de este. En comparación con otros equipos, la bomba presurizadora tiene la mejor relación precio-calidad de todos.
Apropiada para el contexto	La bomba requiere de un voltaje de 220 V, que es lo normal en Perú, evitando así adaptadores o similares. Además, este equipo es inmune a la corrosión y no produce ruido cuando trabaja.
Adaptable	La bomba tiene un caudal de 1000 L/h, lo cual es superior a lo demandado actualmente y permitirá que la Institución Educativa pueda aumentar su consumo.

Fácil de manejar

Este equipo es sencillo de aprender a manejar dado que solo debe conectarse para que funcione.

Nota: Se evaluó la sostenibilidad tecnológica detalladamente según los siguientes criterios: fácil de mantener, reemplazar o reparar; accesible económicamente; apropiada para el contexto; adaptable; y fácil de manejar.

Por otro lado, con la finalidad de que los alumnos y profesores reconozcan la importancia de la sostenibilidad tecnológica y lo que implica, se desarrollará una charla de promoción de esta. A continuación, se explica detalladamente de que tratará:

Tabla 67: Acción para promover la sostenibilidad tecnológica

Acción	Promover la sostenibilidad tecnológica
Descripción	<p>La sostenibilidad tecnológica se enfoca en utilizar tecnología que sea adecuada para el contexto y para las necesidades del público objetivo. A través de una charla de 1 hora, se explicará porque se escogieron el equipo UV y la bomba elevadora inteligente, así como porque son sostenibles tecnológicamente. También, se incluirá las características que debe tener una tecnología para optar por ella considerando la realidad que tienen.</p> <p>Esta charla tendrá como principal objetivo promover la sostenibilidad tecnológica en su vida cotidiana. Cabe resaltar que se desarrollarán dos charlas, una para los niños y otra para los profesores y otros miembros de la comunidad interesados.</p>
Documentación o Indicador	<p>Registro de asistencia a charla</p> <p>Porcentaje de asistencia de al menos 90%</p>

Nota: Se evaluó la sostenibilidad tecnológica detalladamente según los siguientes criterios: fácil de mantener, reemplazar o reparar; accesible económicamente; apropiada para el contexto; adaptable; y fácil de manejar.

- Actualización de los planes de sostenibilidades

Los diversos planes de sostenibilidad son documentos dinámicos. Se planea que anualmente se desarrolle un informe general donde se analice el desempeño de estos. Asimismo, a través de una reunión con la directora de la Institución Educativa y el presidente de la comunidad, se realizará las modificaciones pertinentes con la finalidad de que los planes estén acordes con el nuevo contexto.

- Difusión y promoción del proyecto

Cabe resaltar que sin un plan sostenible del proyecto, este no va a rendir los frutos esperados; sin embargo, la difusión del proyecto es igual de importante dado que si no se consigue que los beneficiarios y la entidad aportante se comprometan, la sostenibilidad no podrá ser alcanzable.

De acuerdo con Báez y Zamora (2003) la difusión y promoción del proyecto se basa en los siguientes principios centrales:

- Estrategia clara de comunicación: Se refiere a la sincronización de la estrategia de comunicación por los miembros involucrados.
- Participativo: Los beneficiarios deben cumplir el rol protagónico de tal manera que participen activamente en las etapas de desarrollo, ejecución y promoción del proyecto. Además, se debe incluir a aquellos grupos o instituciones que han mostrado interés en el proyecto y desean apoyar con la difusión
- Representatividad: Con la finalidad de que se distribuya correctamente la información relacionada con el proyecto, se debe reconocer la representatividad de los beneficiarios por etnia, edad y género.
- Metodología adecuada a participantes: Para que el proyecto satisfaga las necesidades de los beneficiarios, se debe identificar sus intereses, nivel educativo, entre otros. El tipo de difusión dependerá de las características de los beneficiarios.
- Acceso constante a la información: Es fundamental que los beneficiarios tengan libre acceso a la información.

- Equidad de Género: Se debe promover la incorporación de tanto hombres como mujeres durante las diversas etapas del proyecto.
- Transparencia: La confianza de los beneficiarios es principal para que el proyecto pueda perdurar en el tiempo es por este motivo que la información brindada debe ser verídica.

Conforme con esto, se plantea tomar las siguientes acciones para difundir y promocionar el proyecto tanto en la Institución Educativa y en la comunidad. (Ver tabla N°68)

Tabla 68: Acciones para promover la sostenibilidad

Objetivos	Actividades de difusión	Tareas	Participantes
Sincronizar la información entre los responsables del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> - Publicar el plan de comunicaciones y los reportes de las reuniones a través del drive del proyecto - Utilizar el drive del proyecto para establecer los responsables de cada actividad, el alcance, los resultados y cualquier otra información relevante del proyecto 	<ul style="list-style-type: none"> - Realizar una reunión con los responsables del proyecto donde se absolverán las dudas y se estandarizará la información se proporcionará a los beneficiarios. Cabe resaltar que, para mantener a los responsables sincronizados, se realizarán reuniones quincenales para verificar que la información siga vigente y/o realizar las actualizaciones pertinentes. - Realizar reporte de las reuniones - Crear un drive en donde se recopile toda la información del proyecto - Realizar y documentar el plan de comunicaciones, en el cual se detallará cómo 	Responsables del proyecto: Miembros que designe la Compañía Minera Volcan para encargarse del proyecto

		y cuál información se brindará.	
Involucrar activamente a los beneficiarios	<ul style="list-style-type: none"> - Utilizar la red social de la comunidad de Yurajhuanca - Colocar banners en el centro comunal de Yurajhuanca - Realizar charlas a los beneficiarios acerca del proyecto. De preferencia será una charla para los alumnos y otra para los adultos en general - Entregar volantes ilustrativos - Realizar una presentación pública del proyecto en el centro comunal donde estarán reunidos todos los involucrados es decir tanto los beneficiarios como los responsables del proyecto. 	<ul style="list-style-type: none"> - Armar una base de datos de todos los involucrados directa e indirectamente en el proyecto en donde incluya edad, sexo, parentesco con el alumno, nivel de educación, entidad a la que pertenece, y relación con la Institución Educativa - Crear contenido para la red social de la comunidad - Identificar los intereses o requisitos de los beneficiarios - Realizar reuniones quincenales acerca del avance del proyecto. - Realizar encuestas entre los involucrados directa e indirectamente relacionados con el proyecto para conocer su opinión - Entregar material publicitario 	<p>Beneficiarios: alumnos de la Institución Educativa, personal docente y directora</p> <p>Responsables del proyecto</p> <p>Interesados indirectamente con el proyecto: padres de familia o tutores</p>

		<ul style="list-style-type: none"> - Promover también la interacción de los interesados indirectamente con el proyecto en las reuniones a través de preguntas 	
Identificar la representatividad	<ul style="list-style-type: none"> - Realizar una asamblea general para informar acerca del proyecto. Además, se entregarán pequeños flyers donde se resumirá el procedimiento y los objetivos 	<ul style="list-style-type: none"> - Actualizar base de datos de los involucrados directa e indirectamente relacionados con el proyecto en donde se resalten la etnia, edad y género - Realizar indicadores con la información recolectada en la base de datos 	Responsables del proyecto
Implementar una metodología adecuada para los beneficiarios	<ul style="list-style-type: none"> - Realizar charlas para cada clasificación - Otorgar material publicitario - Realizar asambleas en el centro comunal 	<ul style="list-style-type: none"> - Identificar intereses, nivel educativo, densidad poblacional, disponibilidad de recursos, edad, entre otros - Clasificar a los beneficiarios por intereses y nivel educativo de tal manera que se pueda realizar una charla productiva para cada 	<p>Beneficiarios</p> <p>Interesados indirectamente con el proyecto</p> <p>Responsables del proyecto</p>

		<p>grupo. Cabe resaltar que también estarán incluidos los interesados indirectamente relacionados con el proyecto</p> <ul style="list-style-type: none"> - Realizar material publicitario - Definir mensajes diferenciados por cada clasificación 	
Otorgar información constantemente	<ul style="list-style-type: none"> - Utilizar la red social de la comunidad para otorgar los reportes - Entregar los reportes impresos a la Institución Educativa y a la comunidad para que sean colocados en los murales. 	<ul style="list-style-type: none"> - Realizar reportes diarios, semanales y mensuales del proyecto. - Realizar pequeñas reuniones semanales sobre el avance - Asignar un representante de los beneficiarios para que sea la persona a quien se le brindará la información del principal responsable del proyecto para que pueda contactarse con él/ella en caso de dudas 	<p>Responsables del proyecto</p> <p>Representante de los beneficiarios</p> <p>Principal responsable del proyecto</p>
Incorporar equitativamente a hombres y mujeres	<ul style="list-style-type: none"> - Realizar encuestas para identificar el nivel de 	<ul style="list-style-type: none"> - Otorgar información del proyecto a todos por igual (hombres y mujeres) 	Responsables del proyecto

	participación por género.	- Promover la participación de hombres y mujeres en el proyecto equitativamente evitando totalmente clasificaciones por género.	
Suministrar información real	<ul style="list-style-type: none"> - Promover la transparencia de información a través de charlas y/o interacciones con organizaciones enfocadas en el tema - Realizar charlas donde se resalte que los beneficiarios pueden tener acceso a la información cuando lo requieran 	<ul style="list-style-type: none"> - Asignar un responsable de validar la información recolectada - Actualizar la información cada vez que haya un cambio - Permitir que el representante de los beneficiarios pueda acceder a la información del drive del proyecto si así lo desean 	<p>Responsables del proyecto</p> <p>Representante de los beneficiarios</p>

Nota: Se describe detalladamente las acciones a realizar para asegurar la sostenibilidad del proyecto.

- Proceso de sensibilización

Se reconoce como el proceso de sensibilización aquel proceso en donde todos los beneficiarios del proyecto identifican la necesidad e importancia de la implementación del sistema de purificación de agua en la Institución Educativa. Para reducir la resistencia al cambio, es fundamental que se eduque, apoye y comunique los objetivos y el procedimiento del proyecto sin olvidar recalcar que el proyecto solo será exitoso si tanto los beneficiarios como los responsables del proyecto se comprometen a apoyarse mutuamente. Cabe resaltar que la comunidad es consciente del problema que afrontan diariamente, por este motivo quieren que se implemente una solución a largo plazo que les permita mejorar su calidad de vida.

Con la finalidad de facilitar el proceso de sensibilización, se propone realizar talleres dinámicos en donde los beneficiarios se sientan libres de transmitir sus inquietudes. Estos talleres estarán a cargo de los responsables del proyecto; además, ellos seguirán la metodología talleres del futuro con el motivo de comprometer a los beneficiarios con el proyecto.

De acuerdo con ITAIPU Binacional (2015) los talleres de futuro permiten que los beneficiarios desarrollen un compromiso con el proyecto a través de tres fases: el muro de los lamentos, el árbol de la esperanza y el camino adelante. El muro de los lamentos consiste en que el beneficiario realice un autodiagnóstico de la problemática socio ambiental e identifique cuales son las causas. El árbol de la esperanza se refiere a que los beneficiarios determinen cuales son las mejoras que desearían tener. Y finalmente, el camino hacia adelante consiste en la aprobación del plan de trabajo por parte de los beneficiarios de tal manera que ellos se den cuenta de la importancia de su compromiso con el proyecto.

Por otro lado, el representante de los beneficiarios será el nexo más importante entre los beneficiarios y los responsables del proyecto debido a que será quien se relacione directamente con la Compañía Minera Volcan. Asimismo, para culminar con el proceso de sensibilización, el taller concluirá con una reunión con el representante de los beneficiarios en donde se establecerán los compromisos del proyecto.

Fase VI: Difusión de resultados

Finalmente, mediante una reunión con la directora de la Institución Educativa y el presidente de la comunidad se explicó y entregó el trabajo de investigación desarrollado con la finalidad de que este sirva de guía para mejorar su situación actual. Además, para recalcar la importancia del proyecto, se les presentará el nivel de cumplimiento de los requisitos del proyecto.

Tabla 69: Cumplimiento de requisitos

Tipo	Código	Requisito	¿Cumplió?
Funcionales	R001	Reducción de las bacterias coliformes totales y fecales	SI
	R002	Reducción de hierro	SI
	R003	Reducción de turbiedad	SI
	R004	Reducción de organismos de vida libre	SI
	R005	Reducción de cloro	SI
	R006	Sistema capaz de suplir a toda la Institución Educativa	SI
	R007	Fuente de abastecimiento de agua confiable y segura	SI
	R008	Reducción del nivel de concentración de todos los parámetros observados a sus respectivos límites máximos permisibles	SI
No funcionales	R009	Funcionamiento con fuente de energía alternativa	SI
	R010	Incremento de la actividad física de los alumnos	SI
	R011	Adaptabilidad del sistema	SI
	R012	Fácil mantenimiento del sistema	SI

Nota: Se cumplió con todos los requisitos del sistema de purificación de la Institución Educativa N°34030 Raúl Porras Barrenechea.

Por otro lado, se propone solicitar en un futuro cercano una mesa de diálogo con la Compañía Minera Volcan para explicar el proyecto y pueda ser implementado como parte del plan de sostenibilidad de la empresa.

5.3. Medición de la solución

5.3.1. Análisis de indicadores cuantitativo y/o cualitativo

A continuación, se presentan los resultados de los indicadores mencionados en el capítulo II.

Tabla 70: Indicadores del trabajo de investigación- I

Indicador	Fórmula	Resultado	Interpretación
Eficacia del sistema de purificación de agua	$\frac{N^{\circ} \text{ parámetros que cumplen objetivo}}{N^{\circ} \text{ de parámetros}} * 100\%$	100%	Se identifica que el sistema de purificación de agua logra que todos los parámetros se encuentren dentro de los límites permisibles
	$\frac{6}{6} * 100\%$		
Eficiencia del sistema de purificación de agua	$\frac{\text{Recursos utilizados (soles)}}{\text{Recursos planificados (soles)}} * 100\%$	100%	Se identifica que el sistema de purificación de agua logro el objetivo sin recurrir a recursos adicionales a los planificados
	$\frac{2365.39}{2365.39} * 100\%$		
Caudal del sistema de purificación de agua	$\frac{\text{Población futura } x \text{ dotación diaria}}{28800}$	0.02 L/s	El caudal promedio diario es igual a 0.02 L/s
	$\frac{114 \times 5}{28800}$		
Cumplimiento de los límites máximo permisibles	$(1 - \frac{\text{Parámetros fuera de LMP}}{\text{Total de parámetros}}) * 100\%$	100%	Se logró cumplir con todos los límites máximo permisibles
	$(1 - \frac{0}{6}) * 100\%$		
Eficacia en remoción de organismos de vida libre	$LMP = \text{Resultado}$	100%	Se logró reducir la concentración del parámetro al LMP (100%)
	$0 = 0$		
Eficacia en remoción de bacterias coliformes	$LMP = \text{Resultado}$	100%	Se logró reducir la concentración del parámetro al LMP (100%)
	$0 = 0$		

Nota: Los indicadores provienen de la tabla N° 2: Variables del proyecto

Tabla 71: Indicadores del trabajo de investigación- II

Indicador	Fórmula	Resultado	Interpretación
Eficacia en remoción de turbiedad	$\frac{LMP}{Resultado} * 100\%$	114%	Se logró reducir la concentración del parámetro a más del LMP (114%)
	$\frac{5}{4.38} * 100\%$		
Eficacia en remoción de cloro	$\frac{LMP}{Resultado} * 100\%$	1000%	Se logró reducir la concentración del parámetro a más del LMP (1000%)
	$\frac{5}{0.5} * 100\%$		
Porcentaje de remoción del hierro	$1 - \frac{Resultado}{Valor inicial} * 100\%$	85.71%	Se removió el hierro en 85.71%
	$1 - \frac{0.07}{0.49} * 100\%$		
Porcentaje de remoción de turbiedad	$1 - \frac{Resultado}{Valor inicial} * 100\%$	84.91%	Se removió la turbiedad en 84.91%
	$1 - \frac{4.38}{29} * 100\%$		
Porcentaje de remoción de cloro	$1 - \frac{Resultado}{Valor inicial} * 100\%$	90.38%	Se removió el cloro en 90.38%
	$1 - \frac{0.5}{5.2} * 100\%$		
Porcentaje de remoción de organismos de vida libre	$1 - \frac{Resultado}{Valor inicial} * 100\%$	100%	Se removió los organismos de vida libre en 100%
	$1 - \frac{0}{100} * 100\%$		
Porcentaje de remoción de bacterias coliformes totales	$1 - \frac{Resultado}{Valor inicial} * 100\%$	100%	Se removió las bacterias coliformes totales en 100%
	$1 - \frac{0}{100} * 100\%$		
Porcentaje de remoción de bacterias coliformes fecales	$1 - \frac{Resultado}{Valor inicial} * 100\%$	100%	Se removió las bacterias coliformes fecales en 100%
	$1 - \frac{0}{100} * 100\%$		

Nota: Los indicadores provienen de la tabla N° 2: Variables del proyecto

De acuerdo con las tablas N° 70 y 71, se puede concluir que el sistema propuesto de purificación de agua ha logrado remover todos los parámetros por debajo de los límites máximos permisibles del DS N° 031-2010- SA. Adicionalmente, ha logrado porcentajes de remoción superiores a 80%, e inclusive se logró un porcentaje de eficacia de 1000% para el caso de la remoción de cloro.

5.3.2. Simulación de solución

Para la simulación de la solución, se implementó un sistema piloto de purificación de agua. A través de este, se purificó 61 muestras de agua en diferentes fechas y horarios dando como resultado que el sistema permite que el agua cumpla con los límites permisibles establecidos en el DS 031-2010-SA.

Para la toma de muestra de agua en la Institución Educativa, se utilizó el siguiente protocolo, el cual permitió mantener la homogeneidad al momento de la toma de muestras.

Protocolo de toma de muestra de agua en la Institución Educativa N°34030 Raúl Porras Barrenechea	
Objetivo	Realizar la toma de muestra sin alterar su origen
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Abrir los envases de primer uso sellados. Estos pueden ser de vidrio neutro o polipropileno color lechoso (1 litro) con tapa rosca ✓ Antes de realizar la toma, colocar datos de identificación al envase con un plumón resistente al agua. Los datos que deberán ir son: hora de muestra, fecha de muestra, número de muestra ✓ Flamear la boca del caño y retirar cualquier tipo de suciedad adherida con el motivo de evitar alteraciones en la muestra ✓ Abrir el caño, y dejar correr el agua hasta que alcance su flujo máximo por 2 minutos ✓ Enjuagar tres veces el envase con el agua a recolectar con la finalidad de remover posibles sustancias ✓ Llenar el envase con agua, pero no completamente ✓ Ajustar fuertemente la tapa del envase ✓ Guardar todos los envases dentro del cooler ✓ Para el caso de la muestra para los organismos de vida libre y bacterias coliformes; utilizar el envase cubierto por aluminio con la finalidad de evitar que estos se reproduzcan a causa de la luz. Además, colocar dentro de una bolsa negra el envase mencionado 	

Figura 127: Protocolo de toma de muestra de agua en la Institución Educativa N° 34030 Raúl Porras Barrenechea. (Elaboración propia)

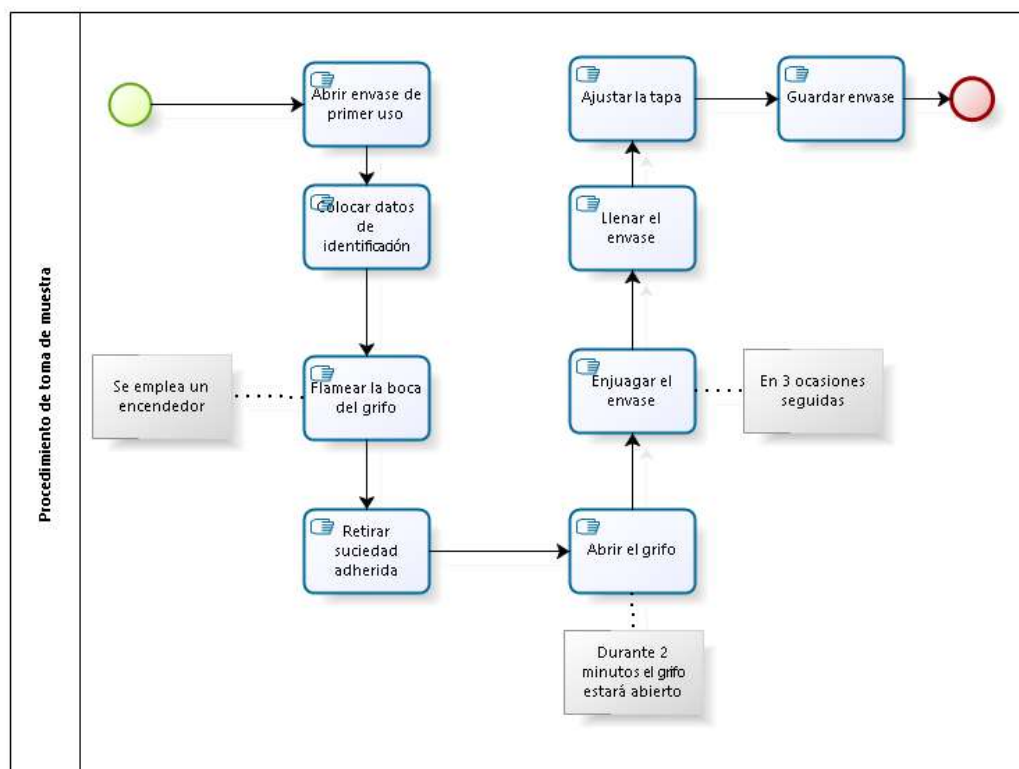


Figura 128: Diagrama del procedimiento de toma de muestra de agua en la Institución Educativa N°34030 Raúl Porras Barrenechea (Elaboración propia).

Asimismo, para verificar si el sistema de purificación propuesto cumplía con remover los parámetros observados, se realizó un diagrama del procedimiento de tratamiento de agua de la IE (ver figura N° 129), seguido del diagrama del procedimiento del sistema piloto junto a su protocolo.

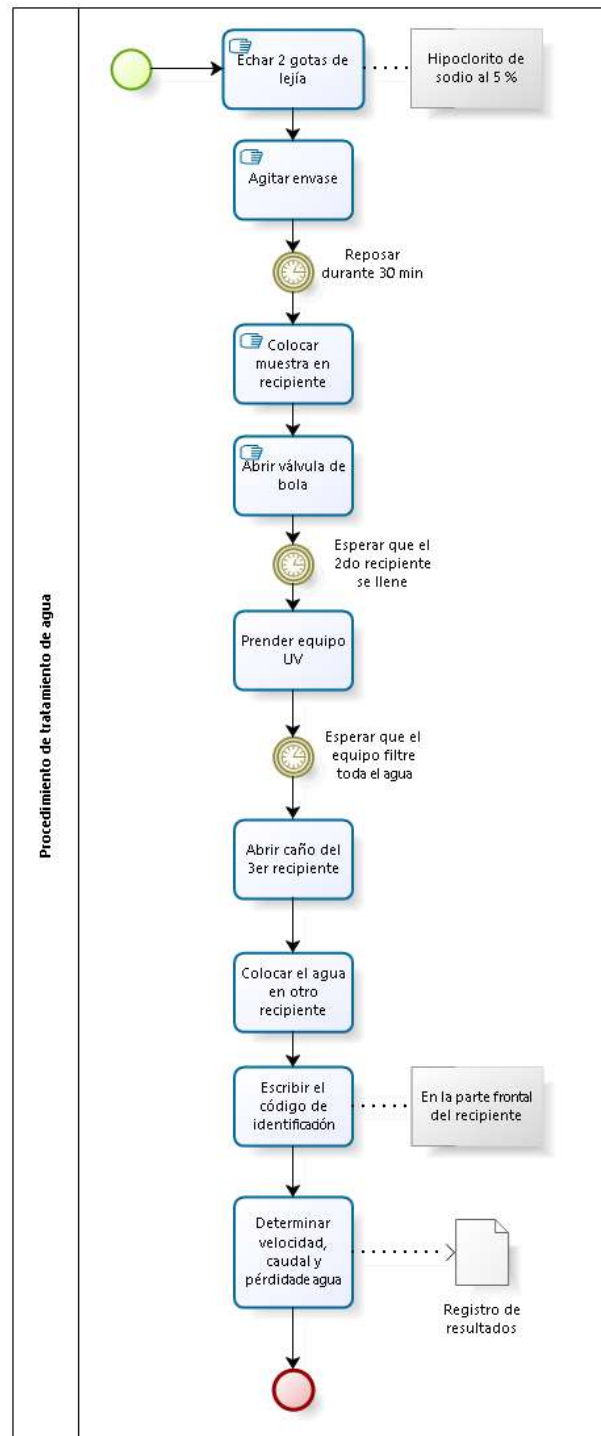


Figura 129: Diagrama del procedimiento de tratamiento de agua de la IE. (Elaboración propia)

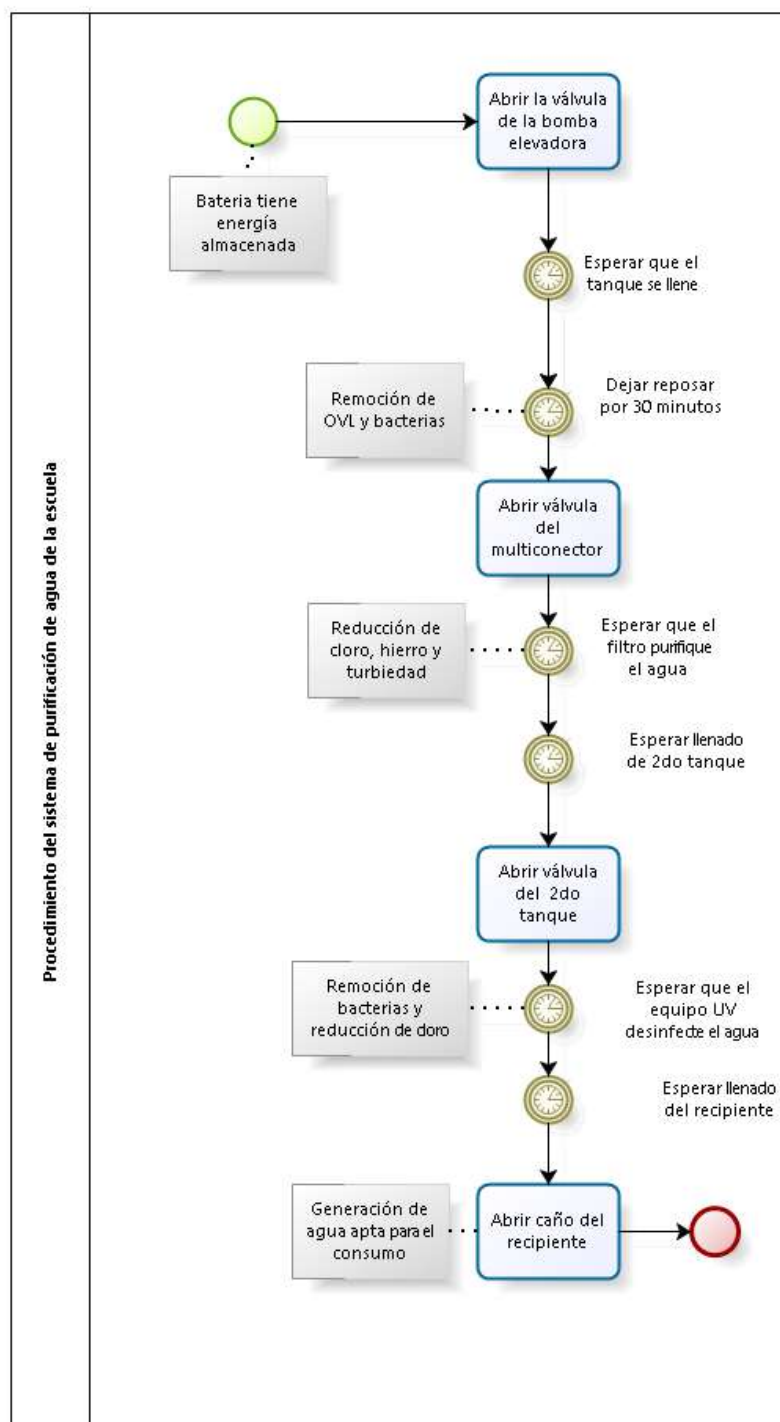


Figura 130: Diagrama del procedimiento del sistema de purificación de agua de la IE.
(Elaboración propia)

Protocolo de tratamiento de agua para el estudio del piloto	
Objetivo	Utilizar el piloto de acuerdo con lo planificado
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Abrir envase de la muestra ✓ Echar 2 gotas de lejía al 5% (hipoclorito de sodio) ✓ Agitar bien el envase con el fin de que se mezcle completamente ✓ Dejar reposar por 30 minutos ✓ Colocar la muestra en el recipiente del sistema ✓ Abrir la válvula de bola, de tal manera que circule el agua a través del sistema ✓ Cuando se haya almacenado al menos un litro de agua en el segundo envase, prender el equipo UV; y luego, abrir la válvula de bola para que el agua fluya por el equipo. ✓ Esperar que el agua circule por todo el sistema hacia el tercer envase. ✓ Cuando haya agua en el envase de almacenamiento, abrir el caño para recolectar el agua apta para el consumo ✓ Colocar el agua recolectada en un nuevo recipiente limpio ✓ Escribir con un plumón indeleble el código del recipiente con el fin de identificar el número de muestra para el estudio ✓ Determinar la velocidad de filtración ✓ Determinar el caudal del sistema de purificación de agua ✓ Anotar los datos anteriores en el registro de resultados 	

Figura 131: Protocolo de tratamiento de agua para el estudio del piloto. (Elaboración propia)

Seguidamente, se presenta al detalle el procedimiento para el análisis del agua de acuerdo con cada parámetro observado.

Protocolo de análisis del agua: Cloro	
Objetivo	Utilizar las tiras reactivas correctamente para el análisis de cloro
<ul style="list-style-type: none">✓ Sumergir la tira reactiva de cloro en el recipiente. Al finalizar, sacarla inmediatamente✓ Utilizar papel absorbente para secar el posible exceso de agua de la tira✓ Comparar el color de la tira con la gama de colores posibles✓ Apuntar el resultado en el registro de resultados, así como la hora y el día	

Figura 132: Protocolo de análisis del agua – Cloro. (Elaboración propia)

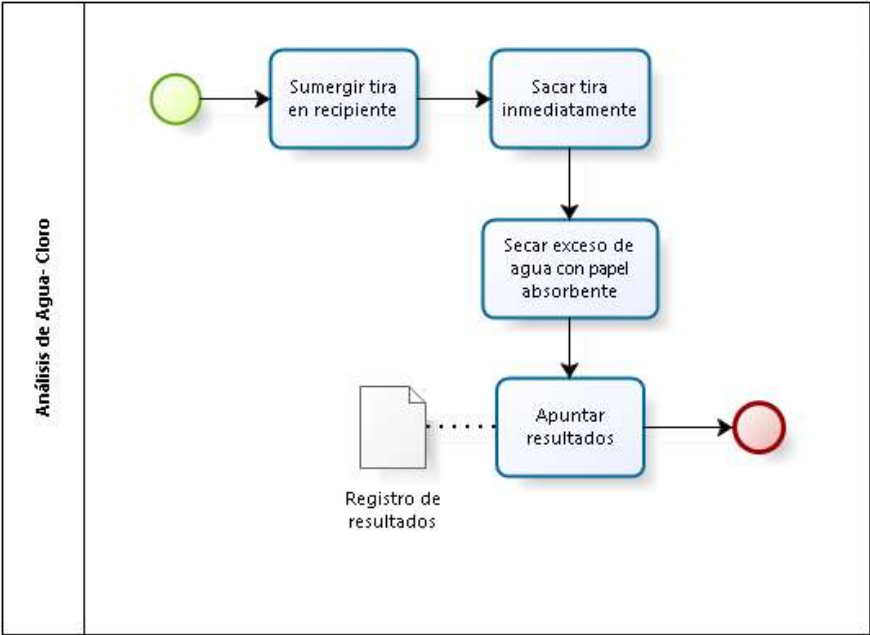


Figura 133: Diagrama de análisis de agua – Cloro. (Elaboración propia)

Protocolo de análisis del agua: Hierro	
Objetivo	Utilizar el kit de determinación correctamente para el análisis de hierro
<ul style="list-style-type: none">✓ Succionar 5ml de agua de la muestra con la jeringa✓ Colocar el agua en el tubo A✓ Añadir 3 gotas de Fe-1 y 3 gotas de Fe-2 al tubo B✓ Succionar 5ml de agua de la muestra con la jeringa✓ Colocar el agua en el tubo B✓ Cerrar el tubo B y sacudir la muestra✓ Realizar la lectura inmediatamente desplazando el comparador (tubo A y tubo B) hasta alcanzar la igualdad de color✓ Apuntar el resultado en el registro de resultados, así como la hora y el día	

Figura 134: Protocolo de análisis del agua – Hierro. (Elaboración propia)

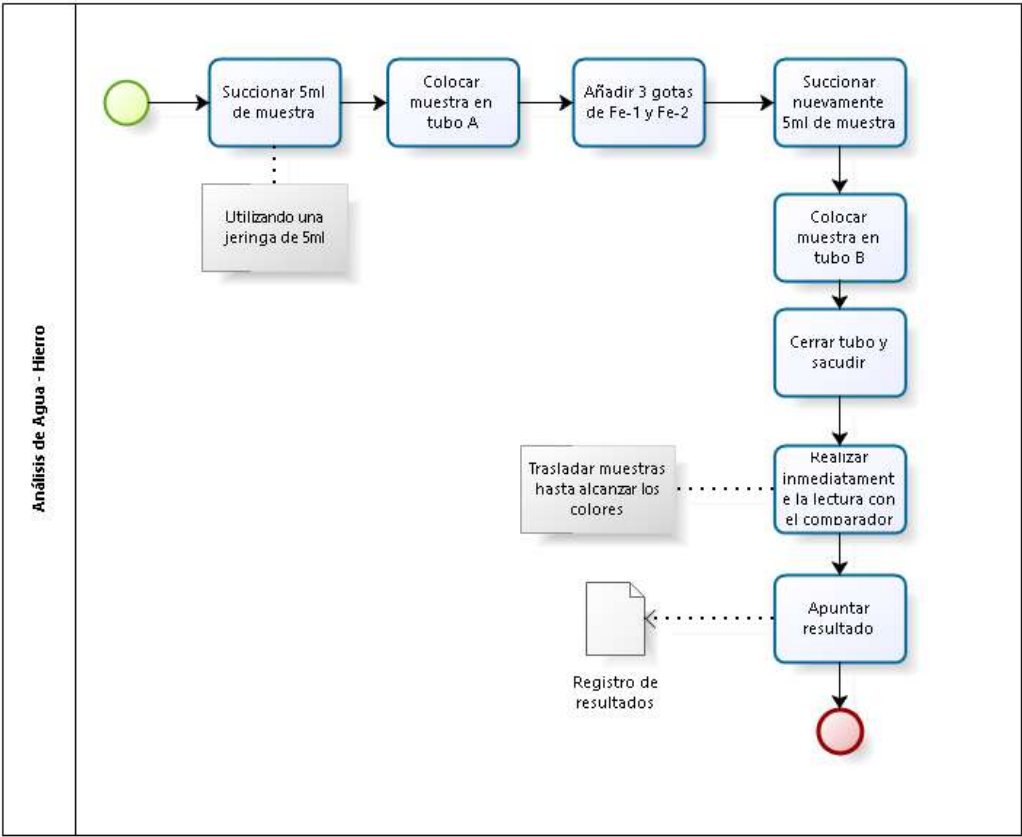


Figura 135: Diagrama de análisis del agua - Hierro. (Elaboración propia)

Protocolo de análisis del agua: turbiedad	
Objetivo	Utilizar el turbidímetro correctamente para el análisis de la turbiedad
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Limpiar ligeramente el exterior de la celda del turbidímetro ✓ Llenar la celda hasta la línea de llenado (15ml) con la muestra de agua ✓ Cerrar fuertemente la celda al finalizar ✓ Limpiar la celda con un paño limpio para borrar manchas de dedos ✓ Echar aceite de silicona sobre la superficie de la celda con mucho cuidado ✓ Limpiar uniformemente la celda ✓ Pulsar el botón de encendido del turbidímetro ✓ Introducir la celda en el compartimiento del turbidímetro ✓ Pulsar el botón de leer del equipo ✓ Esperar que aparezca en la pantalla del turbidímetro el valor de turbidez en NFU ✓ Antes de anotar el resultado en el registro de resultados, esperar que el ícono de la lámpara se desactive. ✓ Refrigerar el recipiente de la muestra al culminar las anotaciones 	

Figura 136: Protocolo de análisis de agua - turbiedad. (Elaboración propia)

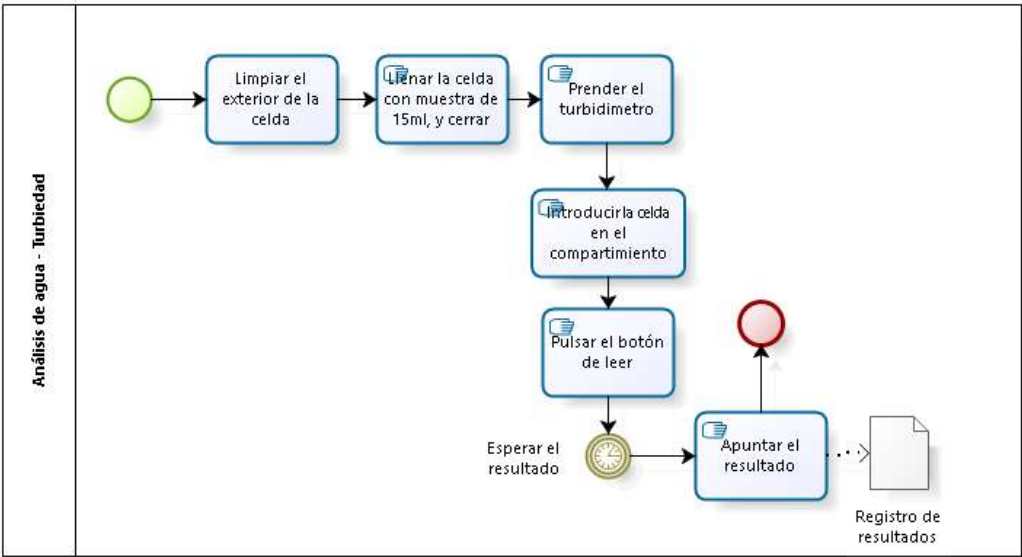


Figura 137: Diagrama de análisis de agua - turbiedad. (Elaboración propia)

Protocolo de análisis del agua: Bacterias Coliformes y Organismos de Vida Libre (OVL)	
Objetivo	Enviar las muestras de agua al laboratorio
<div>✓ Enviar el recipiente de la muestra recolectada al laboratorio para el análisis de las bacterias coliformes (totales y fecales) y los organismos de vida libre</div> <div>✓ Apuntar los resultados brindados por el laboratorio en el registro de resultados</div>	

Figura 138: Protocolo de análisis de bacterias coliformes y OVL. (Elaboración propia)

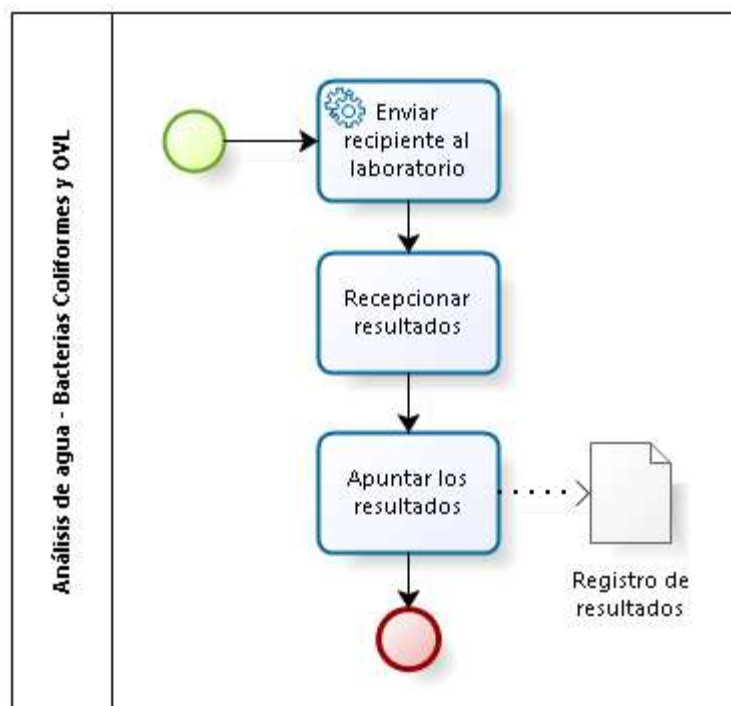


Figura 139: Diagrama de análisis de agua de bacterias coliformes y OVL. (Elaboración propia)

Luego de analizar las muestras de agua con el sistema piloto, se removi6 el 90.38% de cloro, el 85.71% de hierro, el 84.91% de turbiedad, y el 100% de coliformes y organismos de vida libre.

Por otro lado, tanto para validar el sistema de purificaci6n de agua a nivel piloto como las muestras de agua realizadas, se consult6 a un experto en tratamiento de agua su opini6n acerca de los resultados. El Ing. Franz Huanay se~al6 que el procedimiento se realiz6 correctamente y es posible replicarlo a mayor escala para la Instituci6n Educativa.

5.3.3. Mapeo de riesgos asociados a la solución propuesta

De acuerdo con la solución propuesta, se ha identificado los posibles riesgos que podría enfrentar este trabajo para esto se presenta la siguiente matriz de riesgos.

Tabla 72: Riesgos relacionados al proyecto

N°	Descripción	Consecuencia	Probabilidad	Impacto	Acción	Respuesta
1	El agua se encuentra más contaminada de lo esperado	El sistema de purificación deje de ser útil	Bajo	Alto	Transferir	Mensualmente analizar la calidad del agua que ingresa al sistema.
2	El consumo de agua se incrementa más de lo planificado	El sistema no satisficará la demanda	Bajo	Alto	Transferir	Mantener un registro del consumo diario de agua con la finalidad de identificar si el consumo esta dentro de los rangos planificados.
3	Cambio de la directora de la Institución Educativa	Otra persona tenga que decidir si el sistema va a continuar operando o no	Medio	Alto	Transferir	Solicitar una reunión con la nueva persona a cargo con la finalidad de transformarlo para que este a favor del proyecto.

4	Los alumnos generen más energía (20rpm)	Se disminuye el tiempo de vida útil de la batería	Bajo	Medio	Transferir	Mantener un registro de la energía generada.
5	El filtro tenga algún tipo de fuga	Se desperdicie agua	Bajo	Bajo	Mitigar	Identificar los posibles lugares por los cuales podría fugar agua y utilizar cinta teflón y/u otro tipo de conexión hasta que el sistema este hermético.
6	Los equipos electrónicos se desconecten o dejen de funcionar	El sistema deje de funcionar según lo planificado	Bajo	Medio	Transferir	Introducir más capital al desarrollo y diseño para ajustar los tiempos.
7	El manual de mantenimiento se pierda	El mantenimiento no se realice correctamente	Muy Bajo	Bajo	Mitigar	Mantener la información actualizada en un drive, y contar con una copia impresa en la Institución Educativa.
8	La persona encargada de la limpieza y seguridad no vaya a trabajar	Nadie controle el sistema	Bajo	Medio	Transferir	Capacitar a dos personas más en caso de ausencia del encargado para que controle el sistema.

9	La directora de la Institución Educativa decida cancelar el proyecto	Pérdida de recursos	Bajo	Bajo	Mitigar	Sensibilizar a la directora con respecto a la importancia del proyecto.
10	Desconocimiento de las necesidades de los beneficiarios	Beneficiarios no deseen utilizar el sistema	Muy Bajo	Bajo	Mitigar	Identificar los requerimientos de los beneficiarios antes de implementar el proyecto. Asimismo, tener firmado el alcance del proyecto por parte del representante de los beneficiarios.
11	La complejidad del proyecto requiera mayores recursos	Incremento de inversión	Muy Bajo	Bajo	Mitigar	Identificar todos los recursos necesarios para el proyecto antes de ejecutarlo.
12	El proveedor no cuenta con el repuesto de la lámpara UV	El sistema no pueda ser utilizado	Muy Bajo	Bajo	Mitigar	Dos meses antes de requerir el repuesto, solicitar al proveedor la lámpara. Además, mantener una relación de proveedores actualizada en caso el proveedor principal no pueda atender el requerimiento.

13	El proveedor no cuente con medios filtrantes	El sistema no pueda ser utilizado	Muy Bajo	Bajo	Mitigar	Mantener siempre un inventario de por lo menos dos meses para la reposición de medios filtrantes.
14	Salpicones de agua a la batería	La batería produzca chispas	Alto	Alto	Evitar	Colocar una protección a la batería y cualquier otro equipo que pueda producir chispas con la finalidad de evitar potenciales accidentes.
15	Los beneficiarios tengan miedo al cambio	Los beneficiarios no utilicen el proyecto	Bajo	Alto	Transferir	Sensibilizar a los beneficiarios acerca de la importancia del proyecto ofreciendo un espacio en donde puedan comentar sus dudas con la finalidad de que sean absueltas.
16	El Estado Peruano decida implementar el proyecto a nivel nacional para las Institución Educativas con problemas de agua	Se requerirá contar con una mayor cantidad de recursos	Medio	Medio	Transferir	Contar con una relación de los diversos proveedores del proyecto. Además, se realizarán alianzas estratégicas con los principales para optar por mejores tiempos de entrega y precios.

17	El sistema de purificación este mal ensamblado	El sistema pueda malograrse	Bajo	Alto	Transferir	Aplicar controles de seguridad antes de empezar a utilizar el sistema con la finalidad de verificar que el equipo se encuentra en perfectas condiciones.
18	El tipo de cambio varié más de lo previsto	Se puede incrementar los costos del proyecto	Bajo	Bajo	Mitigar	Establecer alianza estratégica con el proveedor para que los precios se mantengan durante un determinado período de tiempo acordado entre las partes, y que éstos sean en soles.
19	El proveedor no cumpla con las alianzas realizadas	Posibles demandas o multas que atrasarían el proyecto	Bajo	Bajo	Mitigar	Mantener contacto con potenciales proveedores en orden de importancia con la finalidad de que el proyecto no se atrase al depender de un solo proveedor.
20	La comunidad de Yurajhuanca solicite la implementación del sistema para toda la localidad	Se incrementará la popularidad e importancia del proyecto	Alto	Medio	Transferir	Realizar una propuesta antes de que ésta sea solicitada con la finalidad de que el presidente de la comunidad pueda incluir la

						implementación del sistema dentro de su plan de trabajo.
--	--	--	--	--	--	--

Nota: Probabilidad = bajo, bajo, medio, alto y muy alto; Impacto = bajo, medio, alto; Acción = mitigar, prevenir, transferir, aceptar

5.3.4. Acciones de aseguramiento para la continuidad de la solución

Para asegurar la continuidad de la solución se ha propuesto desarrollar un plan de sostenibilidad, el cual fue explicado a mayor detalle en el punto 5.2.3. Asimismo, se propone escoger a una persona que se encargue de medir los indicadores constantemente, y que además aliente a los beneficiarios a identificar las oportunidades de mejora. Se sugiere que las observaciones sean emitidas durante las reuniones de reporte del avance del proyecto. Cabe resaltar que es fundamental que los resultados de los indicadores sean compartidos con los beneficiarios de tal manera que ellos se sientan involucrados en el proyecto.

Adicionalmente, se designará una persona encargada de realizar el seguimiento al plan de sostenibilidad a fin de que el proyecto funcione según lo esperado.

CAPÍTULO VI: EVALUACIÓN ECONÓMICA Y FINANCIERA PREVIA Y POSTERIOR A LA IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN

6.1. Evaluación económica – financiera del proyecto solución

6.1.1. Beneficios sociales y costos ajustados a la solución

6.1.1.1. Cuantificación de las mejoras en beneficios sociales por impacto de la solución

Como se mencionó en el capítulo I, las enfermedades relacionadas a la ingesta de agua contaminada son la anemia, la infección respiratoria aguda, el cólera, la enfermedad diarreica aguda, la fiebre tifoidea, entre otras. Adicionalmente, la Organización Mundial de la Salud (2019) señala que la contaminación de agua, el saneamiento inadecuado y un incorrecto lavado de manos causa el fallecimiento de cerca de 842,000 personas al año por diarrea; sin embargo, pueden ser sustancialmente prevenidas. Por último, menciona que la mejora de las fuentes de abastecimiento de agua reducirá el tiempo que las personas utilizan para recoger agua, reducirá el gasto médico, mejorará su salud e incrementará el nivel de asistencia de niños a clase.

Para la cuantificación del impacto de la solución se evaluará el gasto de recolección, el gasto de consumo de agua, el gasto médico, y adicionalmente, el gasto del Estado producto del ausentismo escolar.

Ahorro en gasto de recolección de agua

Para la identificación de los costos se tomó en consideración lo siguiente:

- Actualmente, se utiliza medio litro de agua aproximadamente por persona de la Institución Educativa con la finalidad de complementar la alimentación otorgada por el Programa Nacional de Alimentación Escolar: Qali Warma
- A pesar de que los padres de familia no reciben una remuneración económica por recolectar el agua, a razón de valorizar su tiempo se considera el salario mínimo de S/930 al mes, es decir S/. 5.8 por hora.
- Para facilitar el cálculo se considera que solo una persona se encargará de la recolección de agua y que esta será siempre a pie. Además, esta persona utilizará una carretilla para cargar los baldes de una capacidad de 20 litros cada uno

- Tomando en cuenta las dimensiones de una carretilla de 1446 mm x 536 mm x 622mm, desde el año 1 hasta el año 6 se pueden trasladar 2 baldes de 20 litros y 1 balde de 10 litros en un solo viaje; sin embargo, considerando la demanda de agua a partir del año 6, se requeriría realizar 2 viajes.
- El porcentaje de crecimiento de la cantidad de alumnos (5.48%) es el mismo que se halló para la determinación de la dotación de agua del proyecto. Asimismo, se está considerando que el año 1 sería el próximo año por tal motivo se han considerado 77 personas y no 73.
- Se considera que, el tiempo de traslado por viaje ida y vuelta tiene una duración de 45 minutos.

Tabla 73: Ahorro en gasto para la recolección de agua

I. Ahorro en gasto para la recolección de agua

a. Situación sin proyecto	Unidades	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Total
Número de personas que requieren agua	personas	77	81	85	89	93	97	101	105	109	114	
Consumo de agua apta para el consumo sin proyecto	L/persona/día	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	
Demanda de agua sin proyecto	L/día	38.50	40.50	42.50	44.50	46.50	48.50	50.50	52.50	54.50	57.00	
Número de baldes por viaje	und	2	2 / 1	2 / 1	2 / 1	2 / 1	2 / 1	2	2	2	2	
Capacidad de los baldes	L	20	20 / 10	20 / 10	20 / 10	20 / 10	20 / 10	20	20	20	20	
Tiempo de traslado por viaje ida y vuelta	min	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	
Salario por hora de la encargada	soles/hora	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	
Número de viajes	viajes	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	
Cantidad máxima de agua recolectada	L	40	50	50	50	50	50	80	80	80	80	
Tiempo destinado a la recolección	min	45	45	45	45	45	45	90	90	90	90	
Salario destinado para la recolección	soles	4.35	4.35	4.35	4.35	4.35	4.35	8.70	8.70	8.70	8.70	
Número de días de trabajo al año	días	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	
Salario destinado para la recolección en el año	soles	783.00	783.00	783.00	783.00	783.00	783.00	1566.00	1566.00	1566.00	1566.00	10962.00
Tiempo destinado para la recolección en el año	horas	135.00	135.00	135.00	135.00	135.00	135.00	270.00	270.00	270.00	270.00	1890.00

b. Situación con proyecto	Unidades	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Total
Número de personas que requieren agua	personas	77	81	85	89	93	97	101	105	109	114	
Consumo de agua apta para el consumo con proyecto	L/persona/día	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	
Demanda de agua con proyecto	L/día	385.00	405.00	425.01	445.01	465.01	485.01	505.01	525.02	545.02	570.00	
Tiempo destinado a la recolección	min	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Salario destinado a la recolección	soles	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Porcentaje de ahorro anual en dinero	%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	
Porcentaje de ahorro anual en tiempo	%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	
Beneficio del proyecto en términos monetarios	S/.	S/. 783.00	S/. 783.00	S/. 783.00	S/. 783.00	S/. 783.00	S/. 783.00	S/. 1,566.00	S/. 1,566.00	S/. 1,566.00	S/. 1,566.00	
Ahorro en dinero invertido para la recolección en 10 años	S/.	10,962.00										
Ahorro promedio en dinero anual	S/.	1,096.20										
Ahorro promedio en porcentaje anual		100%										
Ahorro en tiempo invertido para la recolección en 10 años (horas)		1890										

Nota: En 10 años se obtendría un beneficio valorizado en S/ 10,962.00 lo cual equivaldría a 1890 horas de trabajo de la persona encarga de la recolección de agua. Además, con el proyecto se reduciría en 100% el tiempo destinado a la recolección.

Ahorro en el gasto de consumo de agua

Para la identificación de los costos se tomó en consideración lo siguiente:

- Las madres de familia son quienes recolectan el agua principalmente; sin embargo, para la recolección de esta para sus hogares no utilizan carretillas. De acuerdo con lo observado, las madres de familia cargan dos baldes de 1 galón cada uno, es decir recolectan 7.75 L de agua
- Se está considerando que el tiempo destinado a la recolección es de 45 minutos debido a que es el tiempo promedio que podría tardar una madre de familia en recolectar el agua. Cabe resaltar que la Institución Educativa está ubicada en el centro de Yurajhuanca por tal motivo se considera que el tiempo que tarda la persona encargada de recolectar el agua en la Institución Educativa equivale al tiempo promedio.
- Para valorizar el tiempo que tarda la madre de familia en recolectar el agua, se ha considerado el salario mínimo de S/930 por 40 horas de trabajo a la semana; de tal manera que se obtenga que por hora recibiría S/5.8. Tomando en cuenta que, en 45 minutos debería recibir S/4.35 por recolectar 7.75 L, el costo por recolectar 5 L de agua sería de S/2.81
- De acuerdo con “El agua cuesta entre 30 y 50 veces más en Pasco y Pucallpa” (2014) la tarifa de agua de la red pública es de S/ 0.81 por metro cúbico.



Figura 140: Brecha cualitativa en la prestación de agua y saneamiento. Extraído de «El agua cuesta entre 30 y 50 veces más en Pasco y Pucallpa», 2014.

Tabla 74: Ahorro en el gasto de consumo de agua

II. Ahorro en el gasto de consumo de agua

a. Situación sin proyecto											
Unidades	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Total
Número de personas que requieren agua	personas	77	81	85	89	93	97	101	105	109	114
Consumo de agua actual en la escuela	L	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Consumo de agua necesario para el consumo e higiene	L	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
Tiempo destinado a la recolección	min	45.00	45.00	45.00	45.00	45.00	45.00	45.00	45.00	45.00	45.00
Costo por recolectar 5 litros de agua al día	soles/día	2.81	2.81	2.81	2.81	2.81	2.81	2.81	2.81	2.81	2.81
Costo por recolectar 5 litros de agua por el total de personas al día	soles/día	216.37	227.61	238.85	250.09	261.34	272.58	283.82	295.06	306.30	320.34
Costo por recolectar 5 litros de agua por el total de personas al año	soles/año	38946.80	40970.20	42993.61	45017.01	47040.41	49063.81	51087.22	53110.62	55134.02	57661.20
b. Situación con proyecto											
Unidades	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Total
Número de personas que requieren agua	personas	77.00	81.00	85.00	89.00	93.00	97.00	101.00	105.00	109.00	114.00
Consumo de agua en la escuela	L	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
Costo por litro de agua de EMAPA	soles	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
Costo por 5 litros de agua de EMAPA al día	soles/día	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004
Costo por 5 litros de agua de EMAPA por el total de personas al día	soles/día	0.31	0.33	0.34	0.36	0.38	0.39	0.41	0.43	0.44	0.46
Costo por 5 litros de agua de EMAPA por el total de personas al año	soles/año	56.13	59.05	61.97	64.88	67.80	70.71	73.63	76.55	79.46	83.11
Porcentaje de ahorro anual	%	99.86%	99.86%	99.86%	99.86%	99.86%	99.86%	99.86%	99.86%	99.86%	99.86%
Incremento del consumo de agua	%	900%	900%	900%	900%	900%	900%	900%	900%	900%	900%
Beneficio del proyecto en términos monetarios	S/.	38,890.67	40,911.16	42,931.64	44,952.13	46,972.61	48,993.10	51,013.59	53,034.07	55,054.56	57,578.09
Ahorro en dinero invertido para el consumo de agua en 10 años	S/.	480,331.61									
Ahorro promedio en dinero anual	S/.	48,033.16									
Ahorro promedio en porcentaje anual		99.86%									

Nota: En 10 años se podría generar beneficios equivalentes a S/480,331.61 producto de la mejora del agua de la red pública. Es preciso señalar que se incrementaría el consumo de agua en 900%; y comparando la situación sin y con proyecto se lograría una reducción de costos derivados de la recolección de agua en 99.86%

Ahorro en gastos médicos producto de enfermedades derivadas del consumo de agua contaminada

Para la identificación de los costos se tomó en consideración lo siguiente:

- Aproximadamente faltan el 20% de los alumnos en el año, y de ese 20% se considera que $\frac{2}{3}$ de las razones de ausencia están relacionadas con enfermedades derivadas del consumo de agua contaminada, esto de acuerdo con las declaraciones de la directora de la Institución Educativa N°34030 Raúl Porras Barrenechea.
- De acuerdo con la encuesta acerca del ausentismo escolar, los padres de familia gastan alrededor de S/10 en total, por dos días de recuperación, cuando alguno de sus hijos se enferma.
- Tomando en cuenta que los niños pasan alrededor del tercio del día en el colegio, existe la posibilidad de que se enfermen fuera de la Institución Educativa. Con el proyecto se espera reducir la probabilidad en al menos 33.33%. Se considera 33.33% puesto que los niños pueden enfermarse en tres lugares: la Institución Educativa, sus hogares y en la calle.

Tabla 75: Ahorro en gastos médicos producto de enfermedades derivadas del consumo de agua contaminada

III. Ahorro en gastos médicos por enfermedad derivada del consumo de agua contaminada

a. Situación sin proyecto	Unidades	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Total
Número de personas que requieren agua	personas	77	81	85	89	93	97	101	105	109	114	
Porcentaje de ausentismo al año	%	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	
Porcentaje de ausentismo relacionado a enfermedad derivada del consumo de agua contaminada	%	13.33	13.33	13.33	13.33	13.33	13.33	13.33	13.33	13.33	13.33	
Número de personas ausentes por temas de enfermedad derivada del consumo de agua contaminada	personas	11	11	12	12	13	13	14	15	15	16	
Gasto familiar mensual promedio	soles	1132	1132	1132	1132	1132	1132	1132	1132	1132	1132	
Gastos por tratamiento de enfermedad	soles	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	
Porcentaje de representación de gasto adicional en salud	%	0.88%	0.88%	0.88%	0.88%	0.88%	0.88%	0.88%	0.88%	0.88%	0.88%	
Gasto total por enfermedad al año	soles	110	110	120	120	130	130	140	150	150	160	1320
b. Situación con proyecto	Unidades	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Total
Número de personas que requieren agua	personas	77	81	85	89	93	97	101	105	109	114	
Porcentaje de ausentismo relacionado a enfermedad derivada del consumo de agua contaminada	%	8.89	8.89	8.89	8.89	8.89	8.89	8.89	8.89	8.89	8.89	
Número de personas ausentes por temas de enfermedad derivada del consumo de agua contaminada	personas	7	8	8	8	9	9	9	10	10	11	
Gastos por tratamiento de enfermedad	soles	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	
Porcentaje de representación de gasto adicional en salud	%	0.88%	0.88%	0.88%	0.88%	0.88%	0.88%	0.88%	0.88%	0.88%	0.88%	
Gasto total por enfermedad al año	soles	70	80	80	80	90	90	90	100	100	110	890
Porcentaje de ahorro anual	%	36.36%	27.27%	33.33%	33.33%	30.77%	30.77%	35.71%	33.33%	33.33%	31.25%	
Beneficio del proyecto en términos monetarios	S/.	40.00	30.00	40.00	40.00	40.00	40.00	50.00	50.00	50.00	50.00	
Ahorro en costos por enfermedad	S/.	430.00										
Ahorro promedio en dinero anual	S/.	43.00										
Ahorro promedio en porcentaje anual		32.55%										

Nota: Considerando que la mejora del agua reduciría en 33.33% el porcentaje de ausentismo relacionado a enfermedades derivadas del consumo de agua contaminada, se lograría un ahorro promedio de 32.55% en el gasto familiar anual.

Reducción de gasto del Estado producto del ausentismo escolar

Para la identificación de los costos se tomó en consideración lo siguiente:

- De acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística e Informática (s.f.) en el 2017, el Estado invirtió por niño en educación de nivel primaria de área rural en Pasco S/. 3025.00 anual. Se considera que dicho valor se mantendrá en los años.
- El tiempo de recuperación de enfermedades derivadas del consumo de agua contaminada es de 2 días aproximadamente según la directora de la Institución Educativa N°34030 Raúl Porras Barrenechea.

Tabla 76: Reducción de gastos del Estado producto del ausentismo escolar

IV. Ahorro en gastos del Estado producto del ausentismo escolar

a. Situación sin proyecto	Unidades	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Total
Inversión del Estado por alumno en nivel primario	soles	3025	3025	3025	3025	3025	3025	3025	3025	3025	3025	
Inversión por alumno por día	soles	16.81	16.81	16.81	16.81	16.81	16.81	16.81	16.81	16.81	16.81	
Número de personas que requieren agua	personas	77	81	85	89	93	97	101	105	109	114	
Porcentaje de ausentismo relacionado a enfermedad derivada del consumo de agua contaminada	%	13.33	13.33	13.33	13.33	13.33	13.33	13.33	13.33	13.33	13.33	
Número de personas ausentes por temas de enfermedad derivada del consumo de agua contaminada	personas	11	11	12	12	13	13	14	15	15	16	
Días de recuperación de un niño en promedio	días	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
Número de ausencias al año	días	22	22	24	24	26	26	28	30	30	32	
Gasto del Estado por ausencias	días	369.72	369.72	403.33	403.33	436.94	436.94	470.56	504.17	504.17	537.78	4436.67

b. Situación con proyecto	Unidades	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Total
Inversión del Estado por alumno en nivel primario	soles	3025	3025	3025	3025	3025	3025	3025	3025	3025	3025	
Inversión por alumno por día	soles	16.81	16.81	16.81	16.81	16.81	16.81	16.81	16.81	16.81	16.81	
Número de personas que requieren agua	personas	77	81	85	89	93	97	101	105	109	114	
Porcentaje de ausentismo relacionado a enfermedad derivada del consumo de agua contaminada	%	8.89	8.89	8.89	8.89	8.89	8.89	8.89	8.89	8.89	8.89	
Número de personas ausentes por temas de enfermedad derivada del consumo de agua contaminada	personas	7	8	8	8	9	9	9	10	10	11	
Días de recuperación de un niño en promedio	días	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
Número de ausencias al año	días	14	16	16	16	18	18	18	20	20	22	
Gasto del Estado por ausencias	días	235.28	268.89	268.89	268.89	302.50	302.50	302.50	336.11	336.11	369.72	2991.39

Porcentaje de reducción de pérdida de inversión anual	%	36.4%	27.3%	33.3%	33.3%	30.8%	30.8%	35.7%	33.3%	33.3%	31.3%
Beneficio del proyecto en términos monetarios	S/.	S/. 134.44	S/. 100.83	S/. 134.44	S/. 134.44	S/. 134.44	S/. 134.44	S/. 168.06	S/. 168.06	S/. 168.06	S/. 168.06
Reducción de pérdida de inversión al año	S/.	1,445.28									
Ahorro promedio en dinero anual	S/.	144.53									
Ahorro promedio en porcentaje anual		32.55%									

Nota: Reducir el porcentaje de ausentismo permitiría incrementar la eficacia del dinero invertido en la educación. El gasto del Estado por ausencia se reduciría en S/ 1,445.28 en 10 años. (Elaboración propia).

Tabla 77: Estimación de beneficios sociales obtenidos del proyecto para la Institución Educativa N°34030 Raúl Porras Barrenechea

Beneficios sociales	
Año 1	S/. 39,848.11
Año 2	S/. 41,824.99
Año 3	S/. 43,889.09
Año 4	S/. 45,909.57
Año 5	S/. 47,930.06
Año 6	S/. 49,950.54
Año 7	S/. 52,797.64
Año 8	S/. 54,818.13
Año 9	S/. 56,838.61
Año 10	S/. 59,362.15
Total	S/.493,168.89

Nota: Resumiendo la valorización de los beneficios sociales en términos monetarios, en 10 años se alcanzaría un beneficio equivalente a S/ 493,168.89.
(Elaboración propia).

6.1.1.2. Costos e inversión requerida

Según Padilla (2014) el costo a precio social de un insumo, producto o servicio es igual al costo a precio de mercado multiplicado por un factor de corrección que simboliza las desviaciones. Además, señala que el costo a precio social representa el costo real que denota para la sociedad.

En primer lugar, para la realización de los precios a costos sociales se está utilizando el factor de corrección propuesto por el Ministerio de Economía y Finanzas. De acuerdo con la Resolución Directoral N°033-2011-EF/68.01- anexo modificado por RD N° 022-2013-EF/63.01 – Anexo SNIP 10, el factor de corrección para proyectos de saneamiento rural, específicamente para plantas de tratamiento de agua potable es de 0.797. (Ministerio de Economía y Finanzas, s.f.) Para el cálculo de la inversión para la realización del piloto, el análisis de agua y el desarrollo del sistema de purificación se usará dicho factor de corrección; sin embargo, para la inversión en términos de operación y mantenimiento se utilizará el siguiente cuadro como referencia.

Precio Básico	Factor de Corrección
I. Bienes No Transables	0.847
II. Bienes Transables	0.867
III. Mano de Obra Calificada	0.909
IV. Mano de Obra No Calificada1/	

Figura 141: Factores de corrección de los precios de mercado para proyectos de saneamiento – Operación y Mantenimiento. Extraído de «Anexo SNIP 10: Parámetros de evaluación», de Ministerio de Economía y Finanzas, s.f.

En segundo lugar, después de revisar el registro de interesados (ver Anexo), el presente proyecto recomienda la inversión privada para un mayor compromiso entre la empresa minera y la comunidad de su zona de influencia; sin embargo, a este nivel de investigación del proyecto no se puede confirmar que la inversión será proveniente de la minera por tal motivo se analizarán los costos de inversión considerando dos escenarios: los privados y los sociales.

- a. Costos de Inversión privados y sociales para la realización del estudio del sistema piloto

Tabla 78: Costos de inversión privados y sociales para la realización del estudio del sistema piloto

COMPONENTES DEL PILOTO	COSTOS PRIVADOS			COSTOS SOCIALES
	Costo Unitario	Cantidad	Costo Total	
Cartucho rellenable de 2.5" x 20"	S/ 20.79	1	S/ 20.79	S/ 16.57
Antracita 250g	S/ 3.30	1	S/ 3.30	S/ 2.63
Garnet o granate 250g	S/ 3.37	1	S/ 3.37	S/ 2.68
Arena de sílice 250g	S/ 2.71	1	S/ 2.71	S/ 2.16
Carbón Activado 250g	S/ 2.97	1	S/ 2.97	S/ 2.37
Grava de 5 micras 250g	S/ 3.96	1	S/ 3.96	S/ 3.16
Grava de 1 micra 250g	S/ 3.47	1	S/ 3.47	S/ 2.76
Arena verde 250g	S/ 3.30	1	S/ 3.30	S/ 2.63
Bolsas de nylon para cada medio filtrante	S/ 1.00	11	S/ 11.00	S/ 8.77
Tela filtrante de 5 micras de mínimo 5" x 10"	S/ 0.66	4	S/ 2.64	S/ 2.10
Baldes de 1 galón	S/ 5.00	3	S/ 15.00	S/ 11.96
Válvulas de bola de ½"	S/ 2.50	2	S/ 5.00	S/ 3.99
Niples roscadas de ½" de PVC	S/ 1.00	3	S/ 3.00	S/ 2.39
Codo de ½" de PVC	S/ 0.50	2	S/ 1.00	S/ 0.80
Caño tipo ducha de 2"	S/ 8.00	1	S/ 8.00	S/ 6.38
Reducciones campana de 2 ½" a 2" de PVC	S/ 15.00	2	S/ 30.00	S/ 23.91
Reducción campana de ½" a ¼" de acero inoxidable	S/ 11.00	1	S/ 11.00	S/ 8.77
Niples roscadas de ¼" de acero inoxidable	S/ 5.00	3	S/ 15.00	S/ 11.96
Codos de ¼" de acero inoxidable	S/ 11.00	1	S/ 11.00	S/ 8.77
Conectores de manguera de ¼" de acero inoxidable	S/ 5.00	2	S/ 10.00	S/ 7.97
Manguera de polipropileno para agua de ¼"	S/ 0.01	15	S/ 0.15	S/ 0.12
Caño de ½"	S/ 3.50	1	S/ 3.50	S/ 2.79
Adaptador roscado de 1/2" a 1/4"	S/ 11.00	1	S/ 11.00	S/ 8.77
Unión de 1/2" de PVC	S/ 0.70	1	S/ 0.70	S/ 0.56
Cinta teflón	S/ 3.00	1	S/ 3.00	S/ 2.39
Silicona a prueba de agua	S/ 39.90	1	S/ 39.90	S/ 31.80
Equipo UV 0.5gpm	S/ 233.64	1	S/ 233.64	S/ 186.21
Estructura para el piloto	S/ 70.00	1	S/ 70.00	S/ 55.79
Soporte para baldes	S/ 2.50	2	S/ 5.00	S/ 3.99
TOTAL DE INVERSIÓN PARA EL PILOTO			S/ 533.39	S/ 425.11

Nota: Los costos sociales ascienden a S/ 425.11 para la realización del piloto; en cambio para la empresa privada los costos se elevan a S/533.39.

b. Costos de inversión privados y sociales para el análisis de agua

Tabla 79: Costos de inversión privados y sociales para el análisis de agua

ANÁLISIS DE AGUA	COSTOS PRIVADOS			COSTOS SOCIALES
	Costo Unitario	Cantidad	Costo Total	
Instatest 6	S/ 45.00	1	S/ 45.00	S/ 35.87
Kit de determinación de hierro	S/ 230.00	1	S/ 230.00	S/ 183.31
Alquiler de turbidímetro	S/ 50.00	1	S/ 50.00	S/ 39.85
Análisis de bacterias coliformes totales y termotolerantes	S/ 32.00	13	S/ 416.00	S/ 331.55
Análisis de organismos de vida libre	S/ 49.00	13	S/ 637.00	S/ 507.69
Análisis de turbidez	S/ 19.00	1	S/ 19.00	S/ 15.14
Análisis de hierro	S/ 26.00	1	S/ 26.00	S/ 20.72
Análisis de cloro	S/ 9.00	1	S/ 9.00	S/ 7.17
Envases para muestra	S/ 0.90	361	S/ 324.90	S/ 258.95
Subtotal análisis de agua			S/ 1,432.00	S/ 1,141.30
VIÁTICOS				
Alojamiento, pasajes y alimentación	S/ 100.00	4	S/ 400.00	S/ 318.80
Subtotal de viáticos			S/ 400.00	S/ 318.80
TOTAL DE INVERSIÓN PARA EL ANÁLISIS DE AGUA			S/ 1,832.00	S/ 1,460.10

Nota: Los costos sociales ascienden a S/ 1,460.10 para el análisis de agua; en cambio para la empresa privada los costos se elevan a S/1,832.00.

- c. Costos de inversión privados y sociales para el desarrollo del sistema de purificación de agua en la Institución Educativa N°34030 Raúl Porras Barrenechea

Tabla 80: Costos de inversión privados y sociales para el desarrollo del sistema de purificación de agua en la Institución Educativa N°34030 Raúl Porras Barrenechea

SISTEMA DE PURIFICACIÓN PARA LA ESCUELA	COSTOS PRIVADOS			COSTOS SOCIALES
	Costo Unitario	Cantidad	Costo Total	
Tanque de 600L Eternit	S/ 235.00	2	S/ 470.00	S/ 374.59
Recipiente de 100L	S/ 55.00	1	S/ 55.00	S/ 43.84
Filtro polyglass Pentair 10" X 54"	S/ 594.00	1	S/ 594.00	S/ 473.42
Válvula Performa CV 263	S/ 917.40	1	S/ 917.40	S/ 731.17
Bomba elevadora inteligente 20 Rowa	S/ 1,399.00	1	S/ 1,399.00	S/ 1,115.00
Bomba presurizadora 0.16hp Grundfos	S/ 629.90	1	S/ 629.90	S/ 502.03
Panel solar 200W 12V Era Solar	S/ 520.00	1	S/ 520.00	S/ 414.44
Equipo UV 0.5gpm Hidrotek	S/ 233.64	1	S/ 233.64	S/ 186.21
Soporte para el panel solar	S/ 350.00	1	S/ 350.00	S/ 278.95
Estructura para el tanque de 600L	S/ 250.00	1	S/ 250.00	S/ 199.25
Alternador	S/ 50.00	7	S/ 350.00	S/ 278.95
Batería 12V	S/ 110.00	1	S/ 110.00	S/ 87.67
Inversor de corriente de 12V a 220V	S/ 215.00	1	S/ 215.00	S/ 171.36
Repartidor	S/ 118.00	1	S/ 118.00	S/ 94.05
Rectificador	S/ 3.50	7	S/ 24.50	S/ 19.53
Correa de transmisión	S/ 90.00	7	S/ 630.00	S/ 502.11
Cobertura del generador eléctrico	S/ 320.00	1	S/ 320.00	S/ 255.04
Cobertura de bomba elevadora	S/ 65.00	1	S/ 65.00	S/ 51.81
Cobertura de bomba presurizadora	S/ 15.00	1	S/ 15.00	S/ 11.96
Medio Filtrante - Antracita 2.7Kg	S/ 35.64	1	S/ 35.64	S/ 28.41
Medio Filtrante - Garnet o granate 2.7Kg	S/ 36.35	1	S/ 36.35	S/ 28.97
Medio Filtrante - Arena de sílice 2.7Kg	S/ 29.22	2	S/ 58.45	S/ 46.58
Medio Filtrante - Carbón Activado 2.7Kg	S/ 32.08	2	S/ 64.15	S/ 51.13
Medio Filtrante - Grava de 5 micras 2.7Kg	S/ 42.77	1	S/ 42.77	S/ 34.09
Medio Filtrante - Grava de 1 micra 2.7Kg	S/ 37.42	2	S/ 74.84	S/ 59.65
Medio Filtrante - Arena verde 2.7Kg	S/ 35.64	5	S/ 178.20	S/ 142.03
Válvula de bola de 1"	S/ 3.50	2	S/ 7.00	S/ 5.58
Dosificador de cloro Hayward CL100	S/ 369.00	1	S/ 369.00	S/ 294.09
Codo de 1"	S/ 1.00	6	S/ 6.00	S/ 4.78
Codo de 1 1/2"	S/ 1.50	5	S/ 7.50	S/ 5.98
Reducción de 1" a 1/4" acero inoxidable	S/ 15.00	1	S/ 15.00	S/ 11.96
Unión roscada de 1/4"	S/ 5.00	3	S/ 15.00	S/ 11.96
Codo de 1/4"	S/ 11.00	2	S/ 22.00	S/ 17.53
Enganche para manguera de 1/4"	S/ 5.00	2	S/ 10.00	S/ 7.97
Tubo de polipropileno de 1/4"	S/ 0.01	50	S/ 0.50	S/ 0.40
Tubería de 1" x 5 m	S/ 27.50	2	S/ 55.00	S/ 43.84
Tubería de 1 1/2" x 3m	S/ 18.00	0.5	S/ 9.00	S/ 7.17
Canaleta Hcp 5.9m	S/ 74.90	3	S/ 224.70	S/ 179.09
Bicicletas de 20"	S/ 270.00	3	S/ 810.00	S/ 645.57
Bicicletas de 24"	S/ 300.00	3	S/ 900.00	S/ 717.30
Bicicletas de 26"	S/ 340.00	1	S/ 340.00	S/ 270.98
Instalación del sistema	S/ 1,000.00	1	S/ 1,000.00	S/ 797.00
TOTAL DE INVERSIÓN PARA EL DESARROLLO DEL SISTEMA			S/ 11,547.55	S/ 9,203.39

Nota: Los costos sociales ascienden a S/ 9,203.39 para el desarrollo del sistema; en cambio para la empresa privada los costos se elevan a S/11,547.55.

d. Costos de inversión privados y sociales para la operación y mantenimiento del sistema por 10 años

Es preciso señalar las consideraciones que se han tomado en cuenta para la identificación de los costos de inversión para la operación y mantenimiento del sistema por 10 años

- El Instatest 6 contiene 50 tiras reactivas, y se realizará la medición semanal
- El kit de determinación de hierro tiene capacidad para 200 pruebas, y se realizará la medición semanal. Solo en el año 9 se adquirirá el kit para 100 pruebas.
- El análisis de turbiedad, análisis de bacterias coliformes y análisis de organismos de vida libre se realizarán semanalmente solo los tres primeros meses de funcionamiento, luego se realizarán una vez al mes por los 10 años.
- El filtro de 5 micras requiere un reemplazo mensual.
- Aproximadamente se requieren 3 kilos por 6 meses para los medios filtrantes, por lo cual se calcula que un saco de 21kg tendrá una duración de al menos 7 periodos.
- El paquete de pastillas de cloro contiene 5 unidades, las cuales tienen una duración al menos de un año.
- Se consideran las inspecciones como mantenimientos preventivos de los equipos. Estas serán realizadas en base a los manuales de funcionamiento de cada uno y tendrán una frecuencia anual.
- La instalación del sistema será una inversión de una sola vez.
- Las bicicletas requerirán un mantenimiento semestral.
- Se estima que la limpieza del sistema de purificación tendrá una duración de una hora al día. Considerando que el sueldo actual de la persona encargada de la limpieza es igual a S/930.00 soles, y que diariamente (lunes a viernes) limpiará durante una hora el sistema, el tiempo esta valorizado en 116 soles mensuales.
- La lámpara UV requiere un cambio anual acorde con las especificaciones del proveedor.
- Por último, no se han incluido los costos de las acciones para la sostenibilidad del proyecto puesto que no se cuenta con la información necesaria para conocer

cuantos recursos asignará la empresa minera durante los 10 años del proyecto ni el costo de estos.

Adicionalmente, cabe resaltar que los costos son referenciales puesto que pueden variar en el tiempo. A continuación, se presentan los costos detallados del proyecto para su mantenimiento

➤ Costos de inversión privados para la operación y mantenimiento

Tabla 81: Costos de inversión privados para la operación y mantenimiento - Año 1

	Año 1											
	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12
Instatest 6	S/ 45.00											
Kit de determinación de hierro	S/ 430.00											
Análisis de turbiedad	S/ 76.00	S/ 76.00	S/ 76.00	S/ 19.00	S/ 19.00	S/ 19.00	S/ 19.00	S/ 19.00	S/ 19.00	S/ 19.00	S/ 19.00	S/ 19.00
Análisis de bacterias coliformes	S/ 128.00	S/ 128.00	S/ 128.00	S/ 32.00	S/ 32.00	S/ 32.00	S/ 32.00	S/ 32.00	S/ 32.00	S/ 32.00	S/ 32.00	S/ 32.00
Análisis de Organismos de vida libre	S/ 196.00	S/ 196.00	S/ 196.00	S/ 49.00	S/ 49.00	S/ 49.00	S/ 49.00	S/ 49.00	S/ 49.00	S/ 49.00	S/ 49.00	S/ 49.00
Filtro de 5 micras	S/ 29.00	S/ 29.00	S/ 29.00	S/ 29.00	S/ 29.00	S/ 29.00	S/ 29.00	S/ 29.00	S/ 29.00	S/ 29.00	S/ 29.00	S/ 29.00
Medio Filtrante - Antracita 21Kg						S/ 270.60						
Medio Filtrante - Garnet o granate 21Kg						S/ 276.01						
Medio Filtrante - Arena de sílice 21Kg						S/ 221.89						
Medio Filtrante - Carbón Activado 21Kg						S/ 243.54						
Medio Filtrante - Grava de 5 micras 21Kg						S/ 324.72						
Medio Filtrante - Grava de 1 micra 21Kg						S/ 284.13						
Medio Filtrante - Arena verde 21Kg						S/ 270.60						
Pastilla de cloro	S/ 21.90											
Inspección de bombas y válvula												S/ 100.00
Inspección del generador eléctrico												S/ 100.00
Inspección del panel solar												S/ 250.00
Mantenimiento de las bicicletas	S/ 35.00					S/ 35.00						S/ 35.00
Limpieza del sistema de purificación	S/ 116.00	S/ 116.00	S/ 116.00	S/ 116.00	S/ 116.00	S/ 116.00	S/ 116.00	S/ 116.00	S/ 116.00	S/ 116.00	S/ 116.00	S/ 116.00
Reemplazo lámpara UV												S/ 49.95
Total de mantenimiento	S/ 1,076.90	S/ 545.00	S/ 545.00	S/ 245.00	S/ 245.00	S/ 2,171.49	S/ 245.00	S/ 245.00	S/ 245.00	S/ 245.00	S/ 245.00	S/ 779.95

Nota: Principalmente, los costos de mantenimiento del primer año se elevan en el primer, sexto y doceavo mes puesto que se requiere la adquisición de nuevos componentes consumibles en el primer y sexto mes; y, en el doceavo mes se debe realizar el mantenimiento preventivo anual. (Elaboración propia).

Tabla 82: Costos de inversión privados para la operación y mantenimiento - Año 2

	Año 2											
	Mes 13	Mes 14	Mes 15	Mes 16	Mes 17	Mes 18	Mes 19	Mes 20	Mes 21	Mes 22	Mes 23	Mes 24
Instatest 6	S/ 45.00											
Kit de determinación de hierro												
Análisis de turbiedad	S/ 19.00	S/ 19.00	S/ 19.00	S/ 19.00	S/ 19.00	S/ 19.00	S/ 19.00	S/ 19.00	S/ 19.00	S/ 19.00	S/ 19.00	S/ 19.00
Análisis de bacterias coliformes	S/ 32.00	S/ 32.00	S/ 32.00	S/ 32.00	S/ 32.00	S/ 32.00	S/ 32.00	S/ 32.00	S/ 32.00	S/ 32.00	S/ 32.00	S/ 32.00
Análisis de Organismos de vida libre	S/ 49.00	S/ 49.00	S/ 49.00	S/ 49.00	S/ 49.00	S/ 49.00	S/ 49.00	S/ 49.00	S/ 49.00	S/ 49.00	S/ 49.00	S/ 49.00
Filtro de 5 micras	S/ 29.00	S/ 29.00	S/ 29.00	S/ 29.00	S/ 29.00	S/ 29.00	S/ 29.00	S/ 29.00	S/ 29.00	S/ 29.00	S/ 29.00	S/ 29.00
Medio Filtrante - Garnet o granate 21Kg												
Medio Filtrante - Arena de sílice 21Kg												
Medio Filtrante - Carbón Activado 21Kg												
Medio Filtrante - Grava de 5 micras 21Kg												
Medio Filtrante - Grava de 1 micra 21Kg												
Medio Filtrante - Arena verde 21Kg												
Pastilla de cloro												
Inspección de bombas y válvula												S/ 100.00
Inspección del generador eléctrico												S/ 100.00
Inspección del panel solar												S/ 250.00
Mantenimiento de las bicicletas						S/ 35.00						S/ 35.00
Limpieza del sistema de purificación	S/ 116.00	S/ 116.00	S/ 116.00	S/ 116.00	S/ 116.00	S/ 116.00	S/ 116.00	S/ 116.00	S/ 116.00	S/ 116.00	S/ 116.00	S/ 116.00
Reemplazo lámpara UV												S/ 49.95
Total de mantenimiento	S/ 290.00	S/ 245.00	S/ 245.00	S/ 245.00	S/ 245.00	S/ 280.00	S/ 245.00	S/ 245.00	S/ 245.00	S/ 245.00	S/ 245.00	S/ 779.95

Nota: Generalmente, los costos de mantenimiento del segundo año se mantienen cercanos con excepción del treceavo y vigésimo cuarto mes debido a que en el treceavo mes se debe adquirir el Instatest y en el último mes se debe realizar el mantenimiento preventivo anual. (Elaboración propia).

Tabla 83: Costos de inversión privados para la operación y mantenimiento - Año 3

	Año 3											
	Mes 25	Mes 26	Mes 27	Mes 28	Mes 29	Mes 30	Mes 31	Mes 32	Mes 33	Mes 34	Mes 35	Mes 36
Instatest 6	S/ 45.00											
Kit de determinación de hierro												
Análisis de turbiedad	S/ 19.00	S/ 19.00	S/ 19.00	S/ 19.00	S/ 19.00	S/ 19.00	S/ 19.00	S/ 19.00	S/ 19.00	S/ 19.00	S/ 19.00	S/ 19.00
Análisis de bacterias coliformes	S/ 32.00	S/ 32.00	S/ 32.00	S/ 32.00	S/ 32.00	S/ 32.00	S/ 32.00	S/ 32.00	S/ 32.00	S/ 32.00	S/ 32.00	S/ 32.00
Análisis de Organismos de vida libre	S/ 49.00	S/ 49.00	S/ 49.00	S/ 49.00	S/ 49.00	S/ 49.00	S/ 49.00	S/ 49.00	S/ 49.00	S/ 49.00	S/ 49.00	S/ 49.00
Filtro de 5 micras	S/ 29.00	S/ 29.00	S/ 29.00	S/ 29.00	S/ 29.00	S/ 29.00	S/ 29.00	S/ 29.00	S/ 29.00	S/ 29.00	S/ 29.00	S/ 29.00
Medio Filtrante - Antracita 21Kg												
Medio Filtrante - Garnet o granate 21Kg												
Medio Filtrante - Arena de sílice 21Kg												
Medio Filtrante - Carbón Activado 21Kg												
Medio Filtrante - Grava de 5 micras 21Kg												
Medio Filtrante - Grava de 1 micra 21Kg												
Medio Filtrante - Arena verde 21Kg												
Pastilla de cloro												
Inspección de bombas y válvula												S/ 100.00
Inspección del generador eléctrico												S/ 100.00
Inspección del panel solar												S/ 250.00
Mantenimiento de las bicicletas						S/ 35.00						S/ 35.00
Limpieza del sistema de purificación	S/ 116.00	S/ 116.00	S/ 116.00	S/ 116.00	S/ 116.00	S/ 116.00	S/ 116.00	S/ 116.00	S/ 116.00	S/ 116.00	S/ 116.00	S/ 116.00
Reemplazo lámpara UV												S/ 49.95
Total de mantenimiento	S/ 290.00	S/ 245.00	S/ 245.00	S/ 245.00	S/ 245.00	S/ 280.00	S/ 245.00	S/ 245.00	S/ 245.00	S/ 245.00	S/ 245.00	S/ 779.95

Nota: Generalmente, los costos de mantenimiento del tercer año se mantienen cercanos con excepción del vigésimo quinto y trigésimo sexto mes debido a que se debe adquirir el Instatest en el primer mes del año y en el último mes, se debe realizar el mantenimiento preventivo anual. (Elaboración propia).

Tabla 84: Costos de inversión privados para la operación y mantenimiento - Año 4

	Año 4											
	Mes 37	Mes 38	Mes 39	Mes 40	Mes 41	Mes 42	Mes 43	Mes 44	Mes 45	Mes 46	Mes 47	Mes 48
Instatest 6	S/ 45.00											
Kit de determinación de hierro												
Análisis de turbiedad	S/ 19.00	S/ 19.00	S/ 19.00	S/ 19.00	S/ 19.00	S/ 19.00	S/ 19.00	S/ 19.00	S/ 19.00	S/ 19.00	S/ 19.00	S/ 19.00
Análisis de bacterias coliformes	S/ 32.00	S/ 32.00	S/ 32.00	S/ 32.00	S/ 32.00	S/ 32.00	S/ 32.00	S/ 32.00	S/ 32.00	S/ 32.00	S/ 32.00	S/ 32.00
Análisis de Organismos de vida libre	S/ 49.00	S/ 49.00	S/ 49.00	S/ 49.00	S/ 49.00	S/ 49.00	S/ 49.00	S/ 49.00	S/ 49.00	S/ 49.00	S/ 49.00	S/ 49.00
Filtro de 5 micras	S/ 29.00	S/ 29.00	S/ 29.00	S/ 29.00	S/ 29.00	S/ 29.00	S/ 29.00	S/ 29.00	S/ 29.00	S/ 29.00	S/ 29.00	S/ 29.00
Medio Filtrante - Antracita 21Kg												
Medio Filtrante - Garnet o granate 21Kg												
Medio Filtrante - Arena de sílice 21Kg												
Medio Filtrante - Carbón Activado 21Kg												
Medio Filtrante - Grava de 5 micras 21Kg												
Medio Filtrante - Grava de 1 micra 21Kg												
Medio Filtrante - Arena verde 21Kg												
Pastilla de cloro												
Inspección de bombas y válvula												S/ 100.00
Inspección del generador eléctrico												S/ 100.00
Inspección del panel solar												S/ 250.00
Mantenimiento de las bicicletas						S/ 35.00						S/ 35.00
Limpieza del sistema de purificación	S/ 116.00	S/ 116.00	S/ 116.00	S/ 116.00	S/ 116.00	S/ 116.00	S/ 116.00	S/ 116.00	S/ 116.00	S/ 116.00	S/ 116.00	S/ 116.00
Reemplazo lámpara UV												S/ 49.95
Total de mantenimiento	S/ 290.00	S/ 245.00	S/ 245.00	S/ 245.00	S/ 245.00	S/ 280.00	S/ 245.00	S/ 245.00	S/ 245.00	S/ 245.00	S/ 245.00	S/ 779.95

Nota: Generalmente, los costos de mantenimiento del cuarto año se mantienen cercanos con excepción del trigésimo séptimo y cuadragésimo octavo mes debido a que se debe adquirir el Instatest en el primer mes del año y en el último mes, se debe realizar el mantenimiento preventivo anual. (Elaboración propia).

Tabla 85: Costos de inversión privados para la operación y mantenimiento – Año 5

	Año 5											
	Mes 49	Mes 50	Mes 51	Mes 52	Mes 53	Mes 54	Mes 55	Mes 56	Mes 57	Mes 58	Mes 59	Mes 60
Instatest 6	S/ 45.00											
Kit de determinación de hierro	S/ 430.00											
Análisis de turbiedad	S/ 19.00	S/ 19.00	S/ 19.00	S/ 19.00	S/ 19.00	S/ 19.00	S/ 19.00	S/ 19.00	S/ 19.00	S/ 19.00	S/ 19.00	S/ 19.00
Análisis de bacterias coliformes	S/ 32.00	S/ 32.00	S/ 32.00	S/ 32.00	S/ 32.00	S/ 32.00	S/ 32.00	S/ 32.00	S/ 32.00	S/ 32.00	S/ 32.00	S/ 32.00
Análisis de Organismos de vida libre	S/ 49.00	S/ 49.00	S/ 49.00	S/ 49.00	S/ 49.00	S/ 49.00	S/ 49.00	S/ 49.00	S/ 49.00	S/ 49.00	S/ 49.00	S/ 49.00
Filtro de 5 micras	S/ 29.00	S/ 29.00	S/ 29.00	S/ 29.00	S/ 29.00	S/ 29.00	S/ 29.00	S/ 29.00	S/ 29.00	S/ 29.00	S/ 29.00	S/ 29.00
Medio Filtrante - Antracita 21Kg	S/ 270.60											
Medio Filtrante - Garnet o granate 21Kg	S/ 276.01											
Medio Filtrante - Arena de sílice 21Kg	S/ 221.89											
Medio Filtrante - Carbón Activado 21Kg	S/ 243.54											
Medio Filtrante - Grava de 5 micras 21Kg	S/ 324.72											
Medio Filtrante - Grava de 1 micra 21Kg	S/ 284.13											
Medio Filtrante - Arena verde 21Kg	S/ 270.60											
Pastilla de cloro												
Inspección de bombas y válvula												S/ 100.00
Inspección del generador eléctrico												S/ 100.00
Inspección del panel solar												S/ 250.00
Mantenimiento de las bicicletas						S/ 35.00						S/ 35.00
Limpieza del sistema de purificación	S/ 116.00	S/ 116.00	S/ 116.00	S/ 116.00	S/ 116.00	S/ 116.00	S/ 116.00	S/ 116.00	S/ 116.00	S/ 116.00	S/ 116.00	S/ 116.00
Reemplazo lámpara UV												S/ 49.95
Total de mantenimiento	S/ 2,611.49	S/ 245.00	S/ 245.00	S/ 245.00	S/ 245.00	S/ 280.00	S/ 245.00	S/ 245.00	S/ 245.00	S/ 245.00	S/ 245.00	S/ 779.95

Nota: Generalmente, los costos de mantenimiento del quinto año se mantienen cercanos con excepción del cuadragésimo noveno y sexagésimo mes debido a que se debe adquirir el Instatest y los nuevos componentes consumibles el primer mes del año y en el último mes, se debe realizar el mantenimiento preventivo anual. (Elaboración propia).

Tabla 86: Costos de inversión privados para la operación y mantenimiento - Año 6

	Año 6											
	Mes 61	Mes 62	Mes 63	Mes 64	Mes 65	Mes 66	Mes 67	Mes 68	Mes 69	Mes 70	Mes 71	Mes 72
Instatest 6	S/ 45.00											
Kit de determinación de hierro												
Análisis de turbiedad	S/ 19.00	S/ 19.00	S/ 19.00	S/ 19.00	S/ 19.00	S/ 19.00	S/ 19.00	S/ 19.00	S/ 19.00	S/ 19.00	S/ 19.00	S/ 19.00
Análisis de bacterias coliformes	S/ 32.00	S/ 32.00	S/ 32.00	S/ 32.00	S/ 32.00	S/ 32.00	S/ 32.00	S/ 32.00	S/ 32.00	S/ 32.00	S/ 32.00	S/ 32.00
Análisis de Organismos de vida libre	S/ 49.00	S/ 49.00	S/ 49.00	S/ 49.00	S/ 49.00	S/ 49.00	S/ 49.00	S/ 49.00	S/ 49.00	S/ 49.00	S/ 49.00	S/ 49.00
Filtro de 5 micras	S/ 29.00	S/ 29.00	S/ 29.00	S/ 29.00	S/ 29.00	S/ 29.00	S/ 29.00	S/ 29.00	S/ 29.00	S/ 29.00	S/ 29.00	S/ 29.00
Medio Filtrante - Antracita 21Kg												
Medio Filtrante - Garnet o granate 21Kg												
Medio Filtrante - Arena de sílice 21Kg												
Medio Filtrante - Carbón Activado 21Kg												
Medio Filtrante - Grava de 5 micras 21Kg												
Medio Filtrante - Grava de 1 micra 21Kg												
Medio Filtrante - Arena verde 21Kg												
Pastilla de cloro	S/ 21.90											
Inspección de bombas y válvula												S/ 100.00
Inspección del generador eléctrico												S/ 100.00
Inspección del panel solar												S/ 250.00
Mantenimiento de las bicicletas						S/ 35.00						S/ 35.00
Limpieza del sistema de purificación	S/ 116.00	S/ 116.00	S/ 116.00	S/ 116.00	S/ 116.00	S/ 116.00	S/ 116.00	S/ 116.00	S/ 116.00	S/ 116.00	S/ 116.00	S/ 116.00
Reemplazo lámpara UV												S/ 49.95
Total de mantenimiento	S/ 311.90	S/ 245.00	S/ 245.00	S/ 245.00	S/ 245.00	S/ 280.00	S/ 245.00	S/ 245.00	S/ 245.00	S/ 245.00	S/ 245.00	S/ 779.95

Nota: Generalmente, los costos de mantenimiento del sexto año se mantienen cercanos con excepción del sexagésimo primer y septuagésimo segundo mes debido a que se debe adquirir el Instatest en el primer mes del año y en el último mes, se debe realizar el mantenimiento preventivo anual. (Elaboración propia).

Tabla 87: Costos de inversión privados para la operación y mantenimiento - Año 7

	Año 7											
	Mes 73	Mes 74	Mes 75	Mes 76	Mes 77	Mes 78	Mes 79	Mes 80	Mes 81	Mes 82	Mes 83	Mes 84
Instatest 6	S/ 45.00											
Kit de determinación de hierro												
Análisis de turbiedad	S/ 19.00	S/ 19.00	S/ 19.00	S/ 19.00	S/ 19.00	S/ 19.00	S/ 19.00	S/ 19.00	S/ 19.00	S/ 19.00	S/ 19.00	S/ 19.00
Análisis de bacterias coliformes	S/ 32.00	S/ 32.00	S/ 32.00	S/ 32.00	S/ 32.00	S/ 32.00	S/ 32.00	S/ 32.00	S/ 32.00	S/ 32.00	S/ 32.00	S/ 32.00
Análisis de Organismos de vida libre	S/ 49.00	S/ 49.00	S/ 49.00	S/ 49.00	S/ 49.00	S/ 49.00	S/ 49.00	S/ 49.00	S/ 49.00	S/ 49.00	S/ 49.00	S/ 49.00
Filtro de 5 micras	S/ 29.00	S/ 29.00	S/ 29.00	S/ 29.00	S/ 29.00	S/ 29.00	S/ 29.00	S/ 29.00	S/ 29.00	S/ 29.00	S/ 29.00	S/ 29.00
Medio Filtrante - Antracita 21Kg												
Medio Filtrante - Garnet o granate 21Kg												
Medio Filtrante - Arena de sílice 21Kg												
Medio Filtrante - Carbón Activado 21Kg												
Medio Filtrante - Grava de 5 micras 21Kg												
Medio Filtrante - Grava de 1 micra 21Kg												
Medio Filtrante - Arena verde 21Kg												
Pastilla de cloro												
Inspección de bombas y válvula												S/ 100.00
Inspección del generador eléctrico												S/ 100.00
Inspección del panel solar												S/ 250.00
Mantenimiento de las bicicletas						S/ 35.00						S/ 35.00
Limpieza del sistema de purificación	S/ 116.00	S/ 116.00	S/ 116.00	S/ 116.00	S/ 116.00	S/ 116.00	S/ 116.00	S/ 116.00	S/ 116.00	S/ 116.00	S/ 116.00	S/ 116.00
Reemplazo lámpara UV												S/ 49.95
Total de mantenimiento	S/ 290.00	S/ 245.00	S/ 245.00	S/ 245.00	S/ 245.00	S/ 280.00	S/ 245.00	S/ 245.00	S/ 245.00	S/ 245.00	S/ 245.00	S/ 779.95

Nota: Generalmente, los costos de mantenimiento del sexto año se mantienen cercanos con excepción del octogésimo cuarto mes debido a que se debe realizar el mantenimiento preventivo anual. (Elaboración propia).

Tabla 88: Costos de inversión privados para la operación y mantenimiento - Año 8

	Año 8											
	Mes 85	Mes 86	Mes 87	Mes 88	Mes 89	Mes 90	Mes 91	Mes 92	Mes 93	Mes 94	Mes 95	Mes 96
Instatest 6	S/ 45.00											
Kit de determinación de hierro												
Análisis de turbiedad	S/ 19.00	S/ 19.00	S/ 19.00	S/ 19.00	S/ 19.00	S/ 19.00	S/ 19.00	S/ 19.00	S/ 19.00	S/ 19.00	S/ 19.00	S/ 19.00
Análisis de bacterias coliformes	S/ 32.00	S/ 32.00	S/ 32.00	S/ 32.00	S/ 32.00	S/ 32.00	S/ 32.00	S/ 32.00	S/ 32.00	S/ 32.00	S/ 32.00	S/ 32.00
Análisis de Organismos de vida libre	S/ 49.00	S/ 49.00	S/ 49.00	S/ 49.00	S/ 49.00	S/ 49.00	S/ 49.00	S/ 49.00	S/ 49.00	S/ 49.00	S/ 49.00	S/ 49.00
Filtro de 5 micras	S/ 29.00	S/ 29.00	S/ 29.00	S/ 29.00	S/ 29.00	S/ 29.00	S/ 29.00	S/ 29.00	S/ 29.00	S/ 29.00	S/ 29.00	S/ 29.00
Medio Filtrante - Antracita 21Kg						S/ 270.60						
Medio Filtrante - Garnet o granate 21Kg						S/ 276.01						
Medio Filtrante - Arena de sílice 21Kg						S/ 221.89						
Medio Filtrante - Carbón Activado 21Kg						S/ 243.54						
Medio Filtrante - Grava de 5 micras 21Kg						S/ 324.72						
Medio Filtrante - Grava de 1 micra 21Kg						S/ 284.13						
Medio Filtrante - Arena verde 21Kg						S/ 270.60						
Pastilla de cloro												
Inspección de bombas y válvula												S/ 100.00
Inspección del generador eléctrico												S/ 100.00
Inspección del panel solar												S/ 250.00
Mantenimiento de las bicicletas						S/ 35.00						S/ 35.00
Limpieza del sistema de purificación	S/ 116.00	S/ 116.00	S/ 116.00	S/ 116.00	S/ 116.00	S/ 116.00	S/ 116.00	S/ 116.00	S/ 116.00	S/ 116.00	S/ 116.00	S/ 116.00
Reemplazo lámpara UV												S/ 49.95
Total de mantenimiento	S/ 290.00	S/ 245.00	S/ 245.00	S/ 245.00	S/ 245.00	S/ 2,171.49	S/ 245.00	S/ 245.00	S/ 245.00	S/ 245.00	S/ 245.00	S/ 779.95

Nota: Generalmente, los costos de mantenimiento del sexto año se mantienen cercanos con excepción del nonagésimo y nonagésimo sexto mes debido a que se debe adquirir los componentes consumibles en el sexto mes del año y en el último mes, se debe realizar el mantenimiento preventivo anual. (Elaboración propia).

Tabla 89: Costos de inversión privados para la operación y mantenimiento - Año 9

	Año 9											
	Mes 97	Mes 98	Mes 99	Mes 100	Mes 101	Mes 102	Mes 103	Mes 104	Mes 105	Mes 106	Mes 107	Mes 108
Instatest 6	S/ 45.00											
Kit de determinación de hierro	S/ 230.00											
Análisis de turbiedad	S/ 19.00	S/ 19.00	S/ 19.00	S/ 19.00	S/ 19.00	S/ 19.00	S/ 19.00	S/ 19.00	S/ 19.00	S/ 19.00	S/ 19.00	S/ 19.00
Análisis de bacterias coliformes	S/ 32.00	S/ 32.00	S/ 32.00	S/ 32.00	S/ 32.00	S/ 32.00	S/ 32.00	S/ 32.00	S/ 32.00	S/ 32.00	S/ 32.00	S/ 32.00
Análisis de Organismos de vida libre	S/ 49.00	S/ 49.00	S/ 49.00	S/ 49.00	S/ 49.00	S/ 49.00	S/ 49.00	S/ 49.00	S/ 49.00	S/ 49.00	S/ 49.00	S/ 49.00
Filtro de 5 micras	S/ 29.00	S/ 29.00	S/ 29.00	S/ 29.00	S/ 29.00	S/ 29.00	S/ 29.00	S/ 29.00	S/ 29.00	S/ 29.00	S/ 29.00	S/ 29.00
Medio Filtrante - Antracita 21Kg												
Medio Filtrante - Garnet o granate 21Kg												
Medio Filtrante - Arena de sílice 21Kg												
Medio Filtrante - Carbón Activado 21Kg												
Medio Filtrante - Grava de 5 micras 21Kg												
Medio Filtrante - Grava de 1 micra 21Kg												
Medio Filtrante - Arena verde 21Kg												
Pastilla de cloro												
Inspección de bombas y válvula												S/ 100.00
Inspección del generador eléctrico												S/ 100.00
Inspección del panel solar												S/ 250.00
Mantenimiento de las bicicletas						S/ 35.00						S/ 35.00
Limpieza del sistema de purificación	S/ 116.00	S/ 116.00	S/ 116.00	S/ 116.00	S/ 116.00	S/ 116.00	S/ 116.00	S/ 116.00	S/ 116.00	S/ 116.00	S/ 116.00	S/ 116.00
Reemplazo lámpara UV												S/ 49.95
Total de mantenimiento	S/ 520.00	S/ 245.00	S/ 245.00	S/ 245.00	S/ 245.00	S/ 280.00	S/ 245.00	S/ 245.00	S/ 245.00	S/ 245.00	S/ 245.00	S/ 779.95

Nota: Generalmente, los costos de mantenimiento del sexto año se mantienen cercanos con excepción del centésimo octavo mes debido a que se realizar el mantenimiento preventivo anual. (Elaboración propia).

Tabla 90: Costos de inversión privados para la operación y mantenimiento - Año 10

	Año 10											
	Mes 109	Mes 110	Mes 111	Mes 112	Mes 113	Mes 114	Mes 115	Mes 116	Mes 117	Mes 118	Mes 119	Mes 120
Instatest 6	S/ 45.00											
Kit de determinación de hierro												
Análisis de turbiedad	S/ 19.00	S/ 19.00	S/ 19.00	S/ 19.00	S/ 19.00	S/ 19.00	S/ 19.00	S/ 19.00	S/ 19.00	S/ 19.00	S/ 19.00	S/ 19.00
Análisis de bacterias coliformes	S/ 32.00	S/ 32.00	S/ 32.00	S/ 32.00	S/ 32.00	S/ 32.00	S/ 32.00	S/ 32.00	S/ 32.00	S/ 32.00	S/ 32.00	S/ 32.00
Análisis de Organismos de vida libre	S/ 49.00	S/ 49.00	S/ 49.00	S/ 49.00	S/ 49.00	S/ 49.00	S/ 49.00	S/ 49.00	S/ 49.00	S/ 49.00	S/ 49.00	S/ 49.00
Filtro de 5 micras	S/ 29.00	S/ 29.00	S/ 29.00	S/ 29.00	S/ 29.00	S/ 29.00	S/ 29.00	S/ 29.00	S/ 29.00	S/ 29.00	S/ 29.00	S/ 29.00
Medio Filtrante - Antracita 21Kg												
Medio Filtrante - Garnet o granate 21Kg												
Medio Filtrante - Arena de sílice 21Kg												
Medio Filtrante - Carbón Activado 21Kg												
Medio Filtrante - Grava de 5 micras 21Kg												
Medio Filtrante - Grava de 1 micra 21Kg												
Medio Filtrante - Arena verde 21Kg												
Pastilla de cloro												
Inspección de bombas y válvula												S/ 100.00
Inspección del generador eléctrico												S/ 100.00
Inspección del panel solar												S/ 250.00
Mantenimiento de las bicicletas						S/ 35.00						S/ 35.00
Limpieza del sistema de purificación	S/ 116.00	S/ 116.00	S/ 116.00	S/ 116.00	S/ 116.00	S/ 116.00	S/ 116.00	S/ 116.00	S/ 116.00	S/ 116.00	S/ 116.00	S/ 116.00
Reemplazo lámpara UV												S/ 49.95
Total de mantenimiento	S/ 290.00	S/ 245.00	S/ 245.00	S/ 245.00	S/ 245.00	S/ 280.00	S/ 245.00	S/ 245.00	S/ 245.00	S/ 245.00	S/ 245.00	S/ 779.95

Nota: Generalmente, los costos de mantenimiento del sexto año se mantienen cercanos con excepción del centésimo vigésimo mes debido a que se realizar el mantenimiento preventivo anual. (Elaboración propia).

Tabla 91: Resumen de costos privados de operación y mantenimiento del sistema de purificación de agua en la Institución Educativa N°34030 Raúl Porras Barrenechea

Resumen de costos	
Año 1	S/ 6,833.34
Año 2	S/ 3,554.95
Año 3	S/ 3,554.95
Año 4	S/ 3,554.95
Año 5	S/ 5,876.44
Año 6	S/ 3,576.85
Año 7	S/ 3,554.95
Año 8	S/ 5,446.44
Año 9	S/ 3,784.95
Año 10	S/ 3,554.95
Total	S/43,292.78

Nota: Resumiendo los costos de operación y mantenimiento de los 10 primeros años, se ha alcanzado que la empresa privada debería gastar S/43,292.78 por dicho periodo. (Elaboración propia).

➤ Costos de inversión sociales para la operación y mantenimiento

Tabla 92: Costos de inversión sociales para la operación y mantenimiento - Año 1

	Año 1											
	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12
Instatest 6	S/ 39.02											
Kit de determinación de hierro	S/ 372.81											
Análisis de turbiedad	S/ 64.37	S/ 64.37	S/ 64.37	S/ 16.09	S/ 16.09	S/ 16.09	S/ 16.09	S/ 16.09	S/ 16.09	S/ 16.09	S/ 16.09	S/ 16.09
Análisis de bacterias coliformes	S/ 108.42	S/ 108.42	S/ 108.42	S/ 27.10	S/ 27.10	S/ 27.10	S/ 27.10	S/ 27.10	S/ 27.10	S/ 27.10	S/ 27.10	S/ 27.10
Análisis de Organismos de vida libre	S/ 166.01	S/ 166.01	S/ 166.01	S/ 41.50	S/ 41.50	S/ 41.50	S/ 41.50	S/ 41.50	S/ 41.50	S/ 41.50	S/ 41.50	S/ 41.50
Filtro de 5 micras	S/ 25.14	S/ 25.14	S/ 25.14	S/ 25.14	S/ 25.14	S/ 25.14	S/ 25.14	S/ 25.14	S/ 25.14	S/ 25.14	S/ 25.14	S/ 25.14
Medio Filtrante - Antracita 21Kg						S/ 234.61						
Medio Filtrante - Garnet o granate 21Kg						S/ 239.30						
Medio Filtrante - Arena de sílice 21Kg						S/ 192.38						
Medio Filtrante - Carbón Activado 21Kg						S/ 211.15						
Medio Filtrante - Grava de 5 micras 21Kg						S/ 281.53						
Medio Filtrante - Grava de 1 micra 21Kg						S/ 246.34						
Medio Filtrante - Arena verde 21Kg						S/ 234.61						
Pastilla de cloro	S/ 18.99											
Inspección de bombas y válvula												S/ 90.90
Inspección del generador eléctrico												S/ 90.90
Inspección del panel solar												S/ 227.25
Mantenimiento de las bicicletas	S/ 31.82					S/ 31.82						S/ 31.82
Limpieza del sistema de purificación	S/ 105.44	S/ 105.44	S/ 105.44	S/ 105.44	S/ 105.44	S/ 105.44	S/ 105.44	S/ 105.44	S/ 105.44	S/ 105.44	S/ 105.44	S/ 105.44
Reemplazo lámpara UV												S/ 43.31
Total de mantenimiento	S/ 932.01	S/ 469.39	S/ 469.39	S/ 215.29	S/ 215.29	S/ 1,887.03	S/ 215.29	S/ 215.29	S/ 215.29	S/ 215.29	S/ 215.29	S/ 699.46

Nota: Principalmente, los costos de mantenimiento del primer año se elevan en el primer, sexto y doceavo mes puesto que se requiere la adquisición de nuevos componentes consumibles en el primer y sexto mes; y, en el doceavo mes se debe realizar el mantenimiento preventivo anual. (Elaboración propia).

Tabla 93: Costos de inversión sociales para la operación y mantenimiento - Año 2

	Año 2											
	Mes 13	Mes 14	Mes 15	Mes 16	Mes 17	Mes 18	Mes 19	Mes 20	Mes 21	Mes 22	Mes 23	Mes 24
Instatest 6	S/ 39.02											
Kit de determinación de hierro												
Análisis de turbiedad	S/ 16.09	S/ 16.09	S/ 16.09	S/ 16.09	S/ 16.09	S/ 16.09	S/ 16.09	S/ 16.09	S/ 16.09	S/ 16.09	S/ 16.09	S/ 16.09
Análisis de bacterias coliformes	S/ 27.10	S/ 27.10	S/ 27.10	S/ 27.10	S/ 27.10	S/ 27.10	S/ 27.10	S/ 27.10	S/ 27.10	S/ 27.10	S/ 27.10	S/ 27.10
Análisis de Organismos de vida libre	S/ 41.50	S/ 41.50	S/ 41.50	S/ 41.50	S/ 41.50	S/ 41.50	S/ 41.50	S/ 41.50	S/ 41.50	S/ 41.50	S/ 41.50	S/ 41.50
Filtro de 5 micras	S/ 25.14	S/ 25.14	S/ 25.14	S/ 25.14	S/ 25.14	S/ 25.14	S/ 25.14	S/ 25.14	S/ 25.14	S/ 25.14	S/ 25.14	S/ 25.14
Medio Filtrante - Garnet o granate 21Kg												
Medio Filtrante - Arena de sílice 21Kg												
Medio Filtrante - Carbón Activado 21Kg												
Medio Filtrante - Grava de 5 micras 21Kg												
Medio Filtrante - Grava de 1 micra 21Kg												
Medio Filtrante - Arena verde 21Kg												
Pastilla de cloro												
Inspección de bombas y válvula												S/ 90.90
Inspección del generador eléctrico												S/ 90.90
Inspección del panel solar												S/ 227.25
Mantenimiento de las bicicletas						S/ 31.82						S/ 31.82
Limpieza del sistema de purificación	S/ 105.44	S/ 105.44	S/ 105.44	S/ 105.44	S/ 105.44	S/ 105.44	S/ 105.44	S/ 105.44	S/ 105.44	S/ 105.44	S/ 105.44	S/ 105.44
Reemplazo lámpara UV												S/ 43.31
Total de mantenimiento	S/ 254.30	S/ 215.29	S/ 215.29	S/ 215.29	S/ 215.29	S/ 247.10	S/ 215.29	S/ 215.29	S/ 215.29	S/ 215.29	S/ 215.29	S/ 699.46

Nota: Generalmente, los costos de mantenimiento del segundo año se mantienen cercanos con excepción del treceavo y vigésimo cuarto mes debido a que en el treceavo mes se debe adquirir el Instatest y en el último mes se debe realizar el mantenimiento preventivo anual. (Elaboración propia).

Tabla 94: Costos de inversión sociales para la operación y mantenimiento - Año 3

	Año 3											
	Mes 25	Mes 26	Mes 27	Mes 28	Mes 29	Mes 30	Mes 31	Mes 32	Mes 33	Mes 34	Mes 35	Mes 36
Instatest 6	S/ 39.02											
Kit de determinación de hierro												
Análisis de turbiedad	S/ 16.09	S/ 16.09	S/ 16.09	S/ 16.09	S/ 16.09	S/ 16.09	S/ 16.09	S/ 16.09	S/ 16.09	S/ 16.09	S/ 16.09	S/ 16.09
Análisis de bacterias coliformes	S/ 27.10	S/ 27.10	S/ 27.10	S/ 27.10	S/ 27.10	S/ 27.10	S/ 27.10	S/ 27.10	S/ 27.10	S/ 27.10	S/ 27.10	S/ 27.10
Análisis de Organismos de vida libre	S/ 41.50	S/ 41.50	S/ 41.50	S/ 41.50	S/ 41.50	S/ 41.50	S/ 41.50	S/ 41.50	S/ 41.50	S/ 41.50	S/ 41.50	S/ 41.50
Filtro de 5 micras	S/ 25.14	S/ 25.14	S/ 25.14	S/ 25.14	S/ 25.14	S/ 25.14	S/ 25.14	S/ 25.14	S/ 25.14	S/ 25.14	S/ 25.14	S/ 25.14
Medio Filtrante - Antracita 21Kg												
Medio Filtrante - Garnet o granate 21Kg												
Medio Filtrante - Arena de sílice 21Kg												
Medio Filtrante - Carbón Activado 21Kg												
Medio Filtrante - Grava de 5 micras 21Kg												
Medio Filtrante - Grava de 1 micra 21Kg												
Medio Filtrante - Arena verde 21Kg												
Pastilla de cloro												
Inspección de bombas y válvula												S/ 90.90
Inspección del generador eléctrico												S/ 90.90
Inspección del panel solar												S/ 227.25
Mantenimiento de las bicicletas						S/ 31.82						S/ 31.82
Limpieza del sistema de purificación	S/ 105.44	S/ 105.44	S/ 105.44	S/ 105.44	S/ 105.44	S/ 105.44	S/ 105.44	S/ 105.44	S/ 105.44	S/ 105.44	S/ 105.44	S/ 105.44
Reemplazo lámpara UV												S/ 43.31
Total de mantenimiento	S/ 254.30	S/ 215.29	S/ 215.29	S/ 215.29	S/ 215.29	S/ 247.10	S/ 215.29	S/ 215.29	S/ 215.29	S/ 215.29	S/ 215.29	S/ 699.46

Nota: Generalmente, los costos de mantenimiento del tercer año se mantienen cercanos con excepción del vigésimo quinto y trigésimo sexto mes debido a que se debe adquirir el Instatest en el primer mes del año y en el último mes, se debe realizar el mantenimiento preventivo anual. (Elaboración propia).

Tabla 95: Costos de inversión sociales para la operación y mantenimiento - Año 4

	Año 4											
	Mes 37	Mes 38	Mes 39	Mes 40	Mes 41	Mes 42	Mes 43	Mes 44	Mes 45	Mes 46	Mes 47	Mes 48
Instatest 6	S/ 39.02											
Kit de determinación de hierro												
Análisis de turbiedad	S/ 16.09	S/ 16.09	S/ 16.09	S/ 16.09	S/ 16.09	S/ 16.09	S/ 16.09	S/ 16.09	S/ 16.09	S/ 16.09	S/ 16.09	S/ 16.09
Análisis de bacterias coliformes	S/ 27.10	S/ 27.10	S/ 27.10	S/ 27.10	S/ 27.10	S/ 27.10	S/ 27.10	S/ 27.10	S/ 27.10	S/ 27.10	S/ 27.10	S/ 27.10
Análisis de Organismos de vida libre	S/ 41.50	S/ 41.50	S/ 41.50	S/ 41.50	S/ 41.50	S/ 41.50	S/ 41.50	S/ 41.50	S/ 41.50	S/ 41.50	S/ 41.50	S/ 41.50
Filtro de 5 micras	S/ 25.14	S/ 25.14	S/ 25.14	S/ 25.14	S/ 25.14	S/ 25.14	S/ 25.14	S/ 25.14	S/ 25.14	S/ 25.14	S/ 25.14	S/ 25.14
Medio Filtrante - Antracita 21Kg												
Medio Filtrante - Garnet o granate 21Kg												
Medio Filtrante - Arena de sílice 21Kg												
Medio Filtrante - Carbón Activado 21Kg												
Medio Filtrante - Grava de 5 micras 21Kg												
Medio Filtrante - Grava de 1 micra 21Kg												
Medio Filtrante - Arena verde 21Kg												
Pastilla de cloro												
Inspección de bombas y válvula												S/ 90.90
Inspección del generador eléctrico												S/ 90.90
Inspección del panel solar												S/ 227.25
Mantenimiento de las bicicletas						S/ 31.82						S/ 31.82
Limpieza del sistema de purificación	S/ 105.44	S/ 105.44	S/ 105.44	S/ 105.44	S/ 105.44	S/ 105.44	S/ 105.44	S/ 105.44	S/ 105.44	S/ 105.44	S/ 105.44	S/ 105.44
Reemplazo lámpara UV												S/ 43.31
Total de mantenimiento	S/ 254.30	S/ 215.29	S/ 215.29	S/ 215.29	S/ 215.29	S/ 215.29	S/ 247.10	S/ 215.29	S/ 215.29	S/ 215.29	S/ 215.29	S/ 699.46

Nota: Generalmente, los costos de mantenimiento del cuarto año se mantienen cercanos con excepción del trigésimo séptimo y cuadragésimo octavo mes debido a que se debe adquirir el Instatest en el primer mes del año y en el último mes, se debe realizar el mantenimiento preventivo anual. (Elaboración propia).

Tabla 96: Costos de inversión sociales para la operación y mantenimiento - Año 5

	Año 5											
	Mes 49	Mes 50	Mes 51	Mes 52	Mes 53	Mes 54	Mes 55	Mes 56	Mes 57	Mes 58	Mes 59	Mes 60
Instatest 6	S/ 39.02											
Kit de determinación de hierro	S/ 372.81											
Análisis de turbiedad	S/ 16.09	S/ 16.09	S/ 16.09	S/ 16.09	S/ 16.09	S/ 16.09	S/ 16.09	S/ 16.09	S/ 16.09	S/ 16.09	S/ 16.09	S/ 16.09
Análisis de bacterias coliformes	S/ 27.10	S/ 27.10	S/ 27.10	S/ 27.10	S/ 27.10	S/ 27.10	S/ 27.10	S/ 27.10	S/ 27.10	S/ 27.10	S/ 27.10	S/ 27.10
Análisis de Organismos de vida libre	S/ 41.50	S/ 41.50	S/ 41.50	S/ 41.50	S/ 41.50	S/ 41.50	S/ 41.50	S/ 41.50	S/ 41.50	S/ 41.50	S/ 41.50	S/ 41.50
Filtro de 5 micras	S/ 25.14	S/ 25.14	S/ 25.14	S/ 25.14	S/ 25.14	S/ 25.14	S/ 25.14	S/ 25.14	S/ 25.14	S/ 25.14	S/ 25.14	S/ 25.14
Medio Filtrante - Antracita 21Kg	S/ 234.61											
Medio Filtrante - Garnet o granate 21Kg	S/ 239.30											
Medio Filtrante - Arena de sílice 21Kg	S/ 192.38											
Medio Filtrante - Carbón Activado 21Kg	S/ 211.15											
Medio Filtrante - Grava de 5 micras 21Kg	S/ 281.53											
Medio Filtrante - Grava de 1 micra 21Kg	S/ 246.34											
Medio Filtrante - Arena verde 21Kg	S/ 234.61											
Pastilla de cloro												
Inspección de bombas y válvula												S/ 90.90
Inspección del generador eléctrico												S/ 90.90
Inspección del panel solar												S/ 227.25
Mantenimiento de las bicicletas						S/ 31.82						S/ 31.82
Limpieza del sistema de purificación	S/ 105.44	S/ 105.44	S/ 105.44	S/ 105.44	S/ 105.44	S/ 105.44	S/ 105.44	S/ 105.44	S/ 105.44	S/ 105.44	S/ 105.44	S/ 105.44
Reemplazo lámpara UV												S/ 43.31
Total de mantenimiento	S/ 2,267.04	S/ 215.29	S/ 215.29	S/ 215.29	S/ 215.29	S/ 247.10	S/ 215.29	S/ 215.29	S/ 215.29	S/ 215.29	S/ 215.29	S/ 699.46

Nota: Generalmente, los costos de mantenimiento del quinto año se mantienen cercanos con excepción del cuadragésimo noveno y sexagésimo mes debido a que se debe adquirir el Instatest y los nuevos componentes consumibles el primer mes del año y en el último mes, se debe realizar el mantenimiento preventivo anual. (Elaboración propia).

Tabla 97: Costos de inversión sociales para la operación y mantenimiento - Año 6

	Año 6											
	Mes 61	Mes 62	Mes 63	Mes 64	Mes 65	Mes 66	Mes 67	Mes 68	Mes 69	Mes 70	Mes 71	Mes 72
Instatest 6	S/ 39.02											
Kit de determinación de hierro												
Análisis de turbiedad	S/ 16.09	S/ 16.09	S/ 16.09	S/ 16.09	S/ 16.09	S/ 16.09	S/ 16.09	S/ 16.09	S/ 16.09	S/ 16.09	S/ 16.09	S/ 16.09
Análisis de bacterias coliformes	S/ 27.10	S/ 27.10	S/ 27.10	S/ 27.10	S/ 27.10	S/ 27.10	S/ 27.10	S/ 27.10	S/ 27.10	S/ 27.10	S/ 27.10	S/ 27.10
Análisis de Organismos de vida libre	S/ 41.50	S/ 41.50	S/ 41.50	S/ 41.50	S/ 41.50	S/ 41.50	S/ 41.50	S/ 41.50	S/ 41.50	S/ 41.50	S/ 41.50	S/ 41.50
Filtro de 5 micras	S/ 25.14	S/ 25.14	S/ 25.14	S/ 25.14	S/ 25.14	S/ 25.14	S/ 25.14	S/ 25.14	S/ 25.14	S/ 25.14	S/ 25.14	S/ 25.14
Medio Filtrante - Antracita 21Kg												
Medio Filtrante - Garnet o granate 21Kg												
Medio Filtrante - Arena de sílice 21Kg												
Medio Filtrante - Carbón Activado 21Kg												
Medio Filtrante - Grava de 5 micras 21Kg												
Medio Filtrante - Grava de 1 micra 21Kg												
Medio Filtrante - Arena verde 21Kg												
Pastilla de cloro	S/ 18.99											
Inspección de bombas y válvula												S/ 90.90
Inspección del generador eléctrico												S/ 90.90
Inspección del panel solar												S/ 227.25
Mantenimiento de las bicicletas						S/ 31.82						S/ 31.82
Limpieza del sistema de purificación	S/ 105.44	S/ 105.44	S/ 105.44	S/ 105.44	S/ 105.44	S/ 105.44	S/ 105.44	S/ 105.44	S/ 105.44	S/ 105.44	S/ 105.44	S/ 105.44
Reemplazo lámpara UV												S/ 43.31
Total de mantenimiento	S/ 273.29	S/ 215.29	S/ 215.29	S/ 215.29	S/ 215.29	S/ 247.10	S/ 215.29	S/ 215.29	S/ 215.29	S/ 215.29	S/ 215.29	S/ 699.46

Nota: Generalmente, los costos de mantenimiento del sexto año se mantienen cercanos con excepción del sexagésimo primer y septuagésimo segundo mes debido a que se debe adquirir el Instatest en el primer mes del año y en el último mes, se debe realizar el mantenimiento preventivo anual. (Elaboración propia).

Tabla 98: Costos de inversión sociales para la operación y mantenimiento - Año 7

	Año 7											
	Mes 73	Mes 74	Mes 75	Mes 76	Mes 77	Mes 78	Mes 79	Mes 80	Mes 81	Mes 82	Mes 83	Mes 84
Instatest 6	S/ 39.02											
Kit de determinación de hierro												
Análisis de turbiedad	S/ 16.09	S/ 16.09	S/ 16.09	S/ 16.09	S/ 16.09	S/ 16.09	S/ 16.09	S/ 16.09	S/ 16.09	S/ 16.09	S/ 16.09	S/ 16.09
Análisis de bacterias coliformes	S/ 27.10	S/ 27.10	S/ 27.10	S/ 27.10	S/ 27.10	S/ 27.10	S/ 27.10	S/ 27.10	S/ 27.10	S/ 27.10	S/ 27.10	S/ 27.10
Análisis de Organismos de vida libre	S/ 41.50	S/ 41.50	S/ 41.50	S/ 41.50	S/ 41.50	S/ 41.50	S/ 41.50	S/ 41.50	S/ 41.50	S/ 41.50	S/ 41.50	S/ 41.50
Filtro de 5 micras	S/ 25.14	S/ 25.14	S/ 25.14	S/ 25.14	S/ 25.14	S/ 25.14	S/ 25.14	S/ 25.14	S/ 25.14	S/ 25.14	S/ 25.14	S/ 25.14
Medio Filtrante - Antracita 21Kg												
Medio Filtrante - Garnet o granate 21Kg												
Medio Filtrante - Arena de sílice 21Kg												
Medio Filtrante - Carbón Activado 21Kg												
Medio Filtrante - Grava de 5 micras 21Kg												
Medio Filtrante - Grava de 1 micra 21Kg												
Medio Filtrante - Arena verde 21Kg												
Pastilla de cloro												
Inspección de bombas y válvula												S/ 90.90
Inspección del generador eléctrico												S/ 90.90
Inspección del panel solar												S/ 227.25
Mantenimiento de las bicicletas						S/ 31.82						S/ 31.82
Limpieza del sistema de purificación	S/ 105.44	S/ 105.44	S/ 105.44	S/ 105.44	S/ 105.44	S/ 105.44	S/ 105.44	S/ 105.44	S/ 105.44	S/ 105.44	S/ 105.44	S/ 105.44
Reemplazo lámpara UV												S/ 43.31
Total de mantenimiento	S/ 254.30	S/ 215.29	S/ 215.29	S/ 215.29	S/ 215.29	S/ 247.10	S/ 215.29	S/ 215.29	S/ 215.29	S/ 215.29	S/ 215.29	S/ 699.46

Nota: Generalmente, los costos de mantenimiento del sexto año se mantienen cercanos con excepción del octogésimo cuarto mes debido a que se debe realizar el mantenimiento preventivo anual. (Elaboración propia).

Tabla 99: Costos de inversión sociales para la operación y mantenimiento - Año 8

	Año 8											
	Mes 85	Mes 86	Mes 87	Mes 88	Mes 89	Mes 90	Mes 91	Mes 92	Mes 93	Mes 94	Mes 95	Mes 96
Instatest 6	S/ 39.02											
Kit de determinación de hierro												
Análisis de turbiedad	S/ 16.09	S/ 16.09	S/ 16.09	S/ 16.09	S/ 16.09	S/ 16.09	S/ 16.09	S/ 16.09	S/ 16.09	S/ 16.09	S/ 16.09	S/ 16.09
Análisis de bacterias coliformes	S/ 27.10	S/ 27.10	S/ 27.10	S/ 27.10	S/ 27.10	S/ 27.10	S/ 27.10	S/ 27.10	S/ 27.10	S/ 27.10	S/ 27.10	S/ 27.10
Análisis de Organismos de vida libre	S/ 41.50	S/ 41.50	S/ 41.50	S/ 41.50	S/ 41.50	S/ 41.50	S/ 41.50	S/ 41.50	S/ 41.50	S/ 41.50	S/ 41.50	S/ 41.50
Filtro de 5 micras	S/ 25.14	S/ 25.14	S/ 25.14	S/ 25.14	S/ 25.14	S/ 25.14	S/ 25.14	S/ 25.14	S/ 25.14	S/ 25.14	S/ 25.14	S/ 25.14
Medio Filtrante - Antracita 21Kg						S/ 234.61						
Medio Filtrante - Garnet o granate 21Kg						S/ 239.30						
Medio Filtrante - Arena de sílice 21Kg						S/ 192.38						
Medio Filtrante - Carbón Activado 21Kg						S/ 211.15						
Medio Filtrante - Grava de 5 micras 21Kg						S/ 281.53						
Medio Filtrante - Grava de 1 micra 21Kg						S/ 246.34						
Medio Filtrante - Arena verde 21Kg						S/ 234.61						
Pastilla de cloro												
Inspección de bombas y válvula												S/ 90.90
Inspección del generador eléctrico												S/ 90.90
Inspección del panel solar												S/ 227.25
Mantenimiento de las bicicletas						S/ 31.82						S/ 31.82
Limpieza del sistema de purificación	S/ 105.44	S/ 105.44	S/ 105.44	S/ 105.44	S/ 105.44	S/ 105.44	S/ 105.44	S/ 105.44	S/ 105.44	S/ 105.44	S/ 105.44	S/ 105.44
Reemplazo lámpara UV												S/ 43.31
Total de mantenimiento	S/ 254.30	S/ 215.29	S/ 215.29	S/ 215.29	S/ 215.29	S/ 1,887.03	S/ 215.29	S/ 215.29	S/ 215.29	S/ 215.29	S/ 215.29	S/ 699.46

Nota: Generalmente, los costos de mantenimiento del sexto año se mantienen cercanos con excepción del nonagésimo y nonagésimo sexto mes debido a que se debe adquirir los componentes consumibles en el sexto mes del año y en el último mes, se debe realizar el mantenimiento preventivo anual. (Elaboración propia).

Tabla 100: Costos de inversión sociales para la operación y mantenimiento - Año 9

	Año 9											
	Mes 97	Mes 98	Mes 99	Mes 100	Mes 101	Mes 102	Mes 103	Mes 104	Mes 105	Mes 106	Mes 107	Mes 108
Instatest 6	S/ 39.02											
Kit de determinación de hierro	S/ 199.41											
Análisis de turbiedad	S/ 16.09	S/ 16.09	S/ 16.09	S/ 16.09	S/ 16.09	S/ 16.09	S/ 16.09	S/ 16.09	S/ 16.09	S/ 16.09	S/ 16.09	S/ 16.09
Análisis de bacterias coliformes	S/ 27.10	S/ 27.10	S/ 27.10	S/ 27.10	S/ 27.10	S/ 27.10	S/ 27.10	S/ 27.10	S/ 27.10	S/ 27.10	S/ 27.10	S/ 27.10
Análisis de Organismos de vida libre	S/ 41.50	S/ 41.50	S/ 41.50	S/ 41.50	S/ 41.50	S/ 41.50	S/ 41.50	S/ 41.50	S/ 41.50	S/ 41.50	S/ 41.50	S/ 41.50
Filtro de 5 micras	S/ 25.14	S/ 25.14	S/ 25.14	S/ 25.14	S/ 25.14	S/ 25.14	S/ 25.14	S/ 25.14	S/ 25.14	S/ 25.14	S/ 25.14	S/ 25.14
Medio Filtrante - Antracita 21Kg												
Medio Filtrante - Garnet o granate 21Kg												
Medio Filtrante - Arena de sílice 21Kg												
Medio Filtrante - Carbón Activado 21Kg												
Medio Filtrante - Grava de 5 micras 21Kg												
Medio Filtrante - Grava de 1 micra 21Kg												
Medio Filtrante - Arena verde 21Kg												
Pastilla de cloro												
Inspección de bombas y válvula												S/ 90.90
Inspección del generador eléctrico												S/ 90.90
Inspección del panel solar												S/ 227.25
Mantenimiento de las bicicletas						S/ 31.82						S/ 31.82
Limpieza del sistema de purificación	S/ 105.44	S/ 105.44	S/ 105.44	S/ 105.44	S/ 105.44	S/ 105.44	S/ 105.44	S/ 105.44	S/ 105.44	S/ 105.44	S/ 105.44	S/ 105.44
Reemplazo lámpara UV												S/ 43.31
Total de mantenimiento	S/ 453.71	S/ 215.29	S/ 215.29	S/ 215.29	S/ 215.29	S/ 247.10	S/ 215.29	S/ 215.29	S/ 215.29	S/ 215.29	S/ 215.29	S/ 699.46

Nota: Generalmente, los costos de mantenimiento del sexto año se mantienen cercanos con excepción del centésimo octavo mes debido a que se realizar el mantenimiento preventivo anual. (Elaboración propia).

Tabla 101: Costos de inversión sociales para la operación y mantenimiento - Año 10

	Año 10											
	Mes 109	Mes 110	Mes 111	Mes 112	Mes 113	Mes 114	Mes 115	Mes 116	Mes 117	Mes 118	Mes 119	Mes 120
Instatest 6	S/ 39.02											
Kit de determinación de hierro												
Análisis de turbiedad	S/ 16.09	S/ 16.09	S/ 16.09	S/ 16.09	S/ 16.09	S/ 16.09	S/ 16.09	S/ 16.09	S/ 16.09	S/ 16.09	S/ 16.09	S/ 16.09
Análisis de bacterias coliformes	S/ 27.10	S/ 27.10	S/ 27.10	S/ 27.10	S/ 27.10	S/ 27.10	S/ 27.10	S/ 27.10	S/ 27.10	S/ 27.10	S/ 27.10	S/ 27.10
Análisis de Organismos de vida libre	S/ 41.50	S/ 41.50	S/ 41.50	S/ 41.50	S/ 41.50	S/ 41.50	S/ 41.50	S/ 41.50	S/ 41.50	S/ 41.50	S/ 41.50	S/ 41.50
Filtro de 5 micras	S/ 25.14	S/ 25.14	S/ 25.14	S/ 25.14	S/ 25.14	S/ 25.14	S/ 25.14	S/ 25.14	S/ 25.14	S/ 25.14	S/ 25.14	S/ 25.14
Medio Filtrante - Antracita 21Kg												
Medio Filtrante - Garnet o granate 21Kg												
Medio Filtrante - Arena de sílice 21Kg												
Medio Filtrante - Carbón Activado 21Kg												
Medio Filtrante - Grava de 5 micras 21Kg												
Medio Filtrante - Grava de 1 micra 21Kg												
Medio Filtrante - Arena verde 21Kg												
Pastilla de cloro												
Inspección de bombas y válvula												S/ 90.90
Inspección del generador eléctrico												S/ 90.90
Inspección del panel solar												S/ 227.25
Mantenimiento de las bicicletas						S/ 31.82						S/ 31.82
Limpieza del sistema de purificación	S/ 105.44	S/ 105.44	S/ 105.44	S/ 105.44	S/ 105.44	S/ 105.44	S/ 105.44	S/ 105.44	S/ 105.44	S/ 105.44	S/ 105.44	S/ 105.44
Reemplazo lámpara UV												S/ 43.31
Total de mantenimiento	S/ 254.30	S/ 215.29	S/ 215.29	S/ 215.29	S/ 215.29	S/ 247.10	S/ 215.29	S/ 215.29	S/ 215.29	S/ 215.29	S/ 215.29	S/ 699.46

Nota: Generalmente, los costos de mantenimiento del sexto año se mantienen cercanos con excepción del centésimo vigésimo mes debido a que se realizar el mantenimiento preventivo anual. (Elaboración propia).

Tabla 102: Resumen de costos sociales para la operación y mantenimiento del sistema de purificación de agua en la Institución Educativa N°34030 Raúl Porras Barrenechea

Resumen de costos	
Año 1	S/ 5,964.28
Año 2	S/ 3,138.45
Año 3	S/ 3,138.45
Año 4	S/ 3,138.45
Año 5	S/ 5,151.18
Año 6	S/ 3,157.43
Año 7	S/ 3,138.45
Año 8	S/ 4,778.37
Año 9	S/ 3,337.86
Año 10	S/ 3,138.45
Total	S/38,081.35

Nota: Resumiendo los costos de operación y mantenimiento de los 10 primeros años, se ha alcanzado que la empresa privada debería gastar S/43,292.78 por dicho periodo. (Elaboración propia).

Tomando en consideración los costos de las tablas presentadas anteriormente, se puede concluir lo siguiente:

Tabla 103: Comparación de costos privados y sociales para la operación y mantenimiento

	Costos Privados	Costos Sociales
Inversión para la realización del piloto	S/ 533.39	S/ 425.11
Inversión para el análisis de agua	S/ 1,832.00	S/ 1,460.10
Inversión para el desarrollo del sistema	S/ 11,547.55	S/ 9,203.39
Inversión para el mantenimiento del sistema por 10 años	S/ 43,292.78	S/ 38,081.35
Total de inversión	S/ 57,205.72	S/ 49,169.96

Nota: Se requerirá una inversión de S/57,205.72 para asegurar la adecuada implementación del proyecto por 10 años si lo realiza una empresa privada. Sin embargo, si el proyecto es realizado por el Estado, este tendrá un costo de S/49,169.96.

Como se puede apreciar en la tabla N° 103, los costos privados son superiores a los costos sociales por S/ 8,035.76 , esto se debe a que los costos sociales reflejan el verdadero costo que significa para la Institución Educativa N°34030 Raúl Porras Barrenechea el uso del sistema de purificación de agua. Cabe resaltar que para el cálculo de los costos sociales se utilizó los factores de corrección señalados en la figura N°141.

6.1.2. Flujo de Caja Económico – Financiero

- Tomando en consideración costos sociales

Tabla 104: Flujo de caja considerando costos sociales

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ingresos											
Ingresos		S/. 39,848.11	S/. 41,824.99	S/. 43,889.09	S/. 45,909.57	S/. 47,930.06	S/. 49,950.54	S/. 52,797.64	S/. 54,818.13	S/. 56,838.61	S/. 59,362.15
Total ingresos		S/. 39,848.11	S/. 41,824.99	S/. 43,889.09	S/. 45,909.57	S/. 47,930.06	S/. 49,950.54	S/. 52,797.64	S/. 54,818.13	S/. 56,838.61	S/. 59,362.15
Egresos											
Inversión para la realización del piloto	S/. 425.11										
Inversión para el análisis de agua	S/. 1,460.10										
Inversión para el desarrollo del sistema	S/. 9,203.39										
Costos mantenimiento del sistema por 10 años		S/. 5,964.28	S/. 3,138.45	S/. 3,138.45	S/. 3,138.45	S/. 5,151.18	S/. 3,157.43	S/. 3,138.45	S/. 4,778.37	S/. 3,337.86	S/. 3,138.45
Total egresos		S/. 5,964.28	S/. 3,138.45	S/. 3,138.45	S/. 3,138.45	S/. 5,151.18	S/. 3,157.43	S/. 3,138.45	S/. 4,778.37	S/. 3,337.86	S/. 3,138.45
Flujo de Caja	-S/. 11,088.61	S/. 33,883.83	S/. 38,686.54	S/. 40,750.64	S/. 42,771.13	S/. 42,778.88	S/. 46,793.11	S/. 49,659.20	S/. 50,039.76	S/. 53,500.76	S/. 56,223.70
Flujo de Caja Acumulado		S/. 22,795.22	S/. 61,481.77	S/. 102,232.40	S/. 145,003.53	S/. 187,782.41	S/. 234,575.52	S/. 284,234.71	S/. 334,274.47	S/. 387,775.23	S/. 443,998.93

Nota: Se obtendrá un flujo de caja acumulado al décimo año de S/ 443,998.93 con una inversión de S/ 11,088.61 si lo realiza el Estado

- Tomando en consideración costos privados

Tabla 105: Flujo de caja considerando costos privados

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ingresos											
Ingresos		S/. 39,848.11	S/. 41,824.99	S/. 43,889.09	S/. 45,909.57	S/. 47,930.06	S/. 49,950.54	S/. 52,797.64	S/. 54,818.13	S/. 56,838.61	S/. 59,362.15
Total ingresos		S/. 39,848.11	S/. 41,824.99	S/. 43,889.09	S/. 45,909.57	S/. 47,930.06	S/. 49,950.54	S/. 52,797.64	S/. 54,818.13	S/. 56,838.61	S/. 59,362.15
Egresos											
Inversión para la realización del piloto	S/. 533.39										
Inversión para el análisis de agua	S/. 1,832.00										
Inversión para el desarrollo del sistema	S/. 11,547.55										
Costos mantenimiento del sistema por 10 años		S/. 6,833.34	S/. 3,554.95	S/. 3,554.95	S/. 3,554.95	S/. 5,876.44	S/. 3,576.85	S/. 3,554.95	S/. 5,446.44	S/. 3,784.95	S/. 3,554.95
Total egresos		S/. 6,833.34	S/. 3,554.95	S/. 3,554.95	S/. 3,554.95	S/. 5,876.44	S/. 3,576.85	S/. 3,554.95	S/. 5,446.44	S/. 3,784.95	S/. 3,554.95
Flujo de Caja	-S/. 13,912.94	S/. 33,014.77	S/. 38,270.04	S/. 40,334.14	S/. 42,354.62	S/. 42,053.61	S/. 46,373.69	S/. 49,242.69	S/. 49,371.68	S/. 53,053.66	S/. 55,807.20
Flujo de Caja Acumulado		S/. 19,101.83	S/. 57,371.87	S/. 97,706.01	S/. 140,060.63	S/. 182,114.24	S/. 228,487.94	S/. 277,730.63	S/. 327,102.31	S/. 380,155.97	S/. 435,963.17

Nota: Se obtendrá un flujo de caja acumulado al décimo año de S/ 435,963.17 con una inversión de S/ 13,912.94 si lo realiza una empresa privada

6.1.3. Análisis del Retorno de la Inversión (ROI)

➤ Tomando en consideración costos sociales

Para hallar el retorno de la inversión, primero se debe hallar el VAN Social. De acuerdo con Seminario (2017) la tasa social de descuento promedio es de 8.5%. Según dicha afirmación, se presenta el cálculo del ROI.

Tabla 106: Retorno de la inversión considerando costos sociales

Retorno de la inversión	
VAN Social	S/.288,638.69
Inversión	S/.,11,088.61
ROI	2603.02%

Nota: Se obtendrá un ROI de 2603.02% del proyecto si es realizado por el Estado; es decir que con la inversión del Estado se lograría una rentabilidad social equivalente al 2603.02%

➤ Tomando en consideración costos privados

Para hallar el retorno de la inversión, primero se debe hallar el VAN Social. De acuerdo con la Superintendencia de Banca, Seguros y AFP (2019) la tasa de descuento promedio para las grandes empresas es de 6.72%. Según dicha afirmación, se presenta el cálculo del ROI.

Tabla 107: Retorno de la inversión considerando costos privados

Retorno de la inversión	
VAN Social	S/.,312,653.00
Inversión	S/.,13,912.94
ROI	2247.21%

Nota: Se obtendrá un ROI de 2247.12% del proyecto si es realizado por la empresa privada; es decir que con la inversión de la empresa privada se lograría una rentabilidad social equivalente al 2247.12%

Comparando ambos resultados se puede concluir que a pesar de que las grandes empresas tengan una menor tasa de descuento que el Estado; los costos sociales favorecen al Estado de tal manera que el ROI es mayor que para la empresa privada.

6.1.4. Determinación del Valor Actual Neto (VAN), Tasa interna de retorno (TIR), Ratio beneficio costo (B/C) y Periodo de recuperación (PR)

➤ VAN y TIR

Supuesto tasa de interés igual a la tasa social de descuento del ministerio de economía y finanzas

Tabla 108: Comparación VAN y TIR

	Empresa privada	Estado
VAN	S/.312,653.00	S/.288,638.69
TIR	250%	317%

Nota: La Tasa interna de retorno (TIR) para ambos casos es superior a la tasa social de descuento y a la tasa de descuento promedio para las grandes empresas, lo cual indica la alta rentabilidad del proyecto.

De acuerdo con la tabla anterior, se puede concluir que la TIR para el Estado es mayor que para la empresa privada; sin embargo, el VAN es más favorable para la empresa que para el Estado. El proyecto es rentable para cualquiera de las entidades, pero solo analizando el VAN y el TIR, no se puede inferir cuál es mejor.

➤ Ratio Beneficio Costo: Estado

Tabla 109: Ratio Beneficio Costo - Estado

Ratio Beneficio / Costo	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Tasa	0.085										
Ingresos		S/ 39,848.11	S/ 41,824.99	S/ 43,889.09	S/ 45,909.57	S/ 47,930.06	S/ 49,950.54	S/ 52,797.64	S/ 54,818.13	S/ 56,838.61	S/ 59,362.15
Beneficio	S/ 314,135.33										
Costos		S/ 5,964.28	S/ 3,138.45	S/ 3,138.45	S/ 3,138.45	S/ 5,151.18	S/ 3,157.43	S/ 3,138.45	S/ 4,778.37	S/ 3,337.86	S/ 3,138.45
Inversión	S/ 11,088.61										
Costos + Inversión	S/ 36,585.25										
B/C	8.6										

Nota: El ratio beneficio costo para el proyecto en caso lo realice el Estado tiene un valor de 8.6, lo cual quiere decir que por cada sol invertido se recuperará S/ 8.6 en términos de beneficios sociales

➤ Ratio Beneficio Costo: Empresa privada

Tabla 110: Ratio Beneficio Costo - Empresa privada

Ratio Beneficio / Costo	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Tasa	0.0664										
Ingresos		S/ 39,848.11	S/ 41,824.99	S/ 43,889.09	S/ 45,909.57	S/ 47,930.06	S/ 49,950.54	S/ 52,797.64	S/ 54,818.13	S/ 56,838.61	S/ 59,362.15
Beneficio	S/ 344,074.72										
Costos		S/ 6,833.34	S/ 3,554.95	S/ 3,554.95	S/ 3,554.95	S/ 5,876.44	S/ 3,576.85	S/ 3,554.95	S/ 5,446.44	S/ 3,784.95	S/ 3,554.95
Inversión	S/ 13,912.94										
Costos + Inversión	S/ 45,334.65										
B/C	7.6										

Nota: El ratio beneficio costo para el proyecto en caso lo realice la empresa privada tiene un valor de 7.6, lo cual quiere decir que por cada sol invertido se recuperará S/ 7.6 en términos de beneficios sociales

➤ Periodo de Recuperación

Tabla 111: Comparación de periodo de recuperación

Periodo de Recuperación	Empresa Privada	Estado
Último periodo con flujo acumulado negativo	0	0
Valor absoluto del último flujo acumulado negativo	13912.94	11088.61
Valor del flujo de caja del siguiente periodo	33014.77	33883.83
PR	0.42	0.33

Nota: La empresa privada y el Estado recuperarán la inversión en menos de la mitad del primer año; sin embargo, el Estado recuperará dicha inversión aún más rápido.

Después de revisar tanto el ROI, el VAN, la TIR, el Ratio Beneficio-Costo y el periodo de recuperación se puede concluir que el proyecto es rentable para ambas entidades; sin embargo, el Estado tendría una mayor rentabilidad que la empresa privada.

6.2. Análisis de sensibilidad ante riesgos financieros

Tomando en consideración que los costos de mantenimiento podrían variar de lo planificado. A continuación, se presenta el análisis de sensibilidad para la empresa privada y para el Estado.

Tabla 112: Análisis de sensibilidad para la Empresa Privada - Costos de mantenimiento

Análisis de sensibilidad para la Empresa Privada													
% Variación costos de mantenimiento	Inversión	Flujo de caja 1	Flujo de caja 2	Flujo de caja 3	Flujo de caja 4	Flujo de caja 5	Flujo de caja 6	Flujo de caja 7	Flujo de caja 8	Flujo de caja 9	Flujo de caja 10	VAN	TIR
0%	-S/13,912.94	S/ 33,014.77	S/ 38,270.04	S/ 40,334.14	S/ 42,354.62	S/ 42,053.61	S/ 46,373.69	S/ 49,242.69	S/ 49,371.68	S/ 53,053.66	S/ 55,807.20	S/312,653.00	250%
10%	-S/13,912.94	S/ 32,331.44	S/ 37,914.54	S/ 39,978.64	S/ 41,999.13	S/ 41,465.97	S/ 46,016.01	S/ 48,887.20	S/ 48,827.04	S/ 52,675.17	S/ 55,451.70	S/309,510.83	246%
15%	-S/13,912.94	S/ 31,989.77	S/ 37,736.80	S/ 39,800.89	S/ 41,821.38	S/ 41,172.15	S/ 45,837.17	S/ 48,709.45	S/ 48,554.72	S/ 52,485.92	S/ 55,273.96	S/307,939.75	244%
20%	-S/13,912.94	S/ 31,648.10	S/ 37,559.05	S/ 39,623.15	S/ 41,643.63	S/ 40,878.32	S/ 45,658.32	S/ 48,531.70	S/ 48,282.39	S/ 52,296.67	S/ 55,096.21	S/306,368.66	242%
25%	-S/13,912.94	S/ 31,306.43	S/ 37,381.30	S/ 39,445.40	S/ 41,465.88	S/ 40,584.50	S/ 45,479.48	S/ 48,353.95	S/ 48,010.07	S/ 52,107.43	S/ 54,918.46	S/304,797.57	240%
30%	-S/13,912.94	S/ 30,964.77	S/ 37,203.55	S/ 39,267.65	S/ 41,288.14	S/ 40,290.68	S/ 45,300.64	S/ 48,176.21	S/ 47,737.75	S/ 51,918.18	S/ 54,740.71	S/303,226.49	238%
35%	-S/13,912.94	S/ 30,623.10	S/ 37,025.81	S/ 39,089.90	S/ 41,110.39	S/ 39,996.86	S/ 45,121.80	S/ 47,998.46	S/ 47,465.43	S/ 51,728.93	S/ 54,562.97	S/301,655.40	236%
40%	-S/13,912.94	S/ 30,281.43	S/ 36,848.06	S/ 38,912.16	S/ 40,932.64	S/ 39,703.04	S/ 44,942.95	S/ 47,820.71	S/ 47,193.11	S/ 51,539.68	S/ 54,385.22	S/300,084.32	234%
45%	-S/13,912.94	S/ 29,939.76	S/ 36,670.31	S/ 38,734.41	S/ 40,754.89	S/ 39,409.21	S/ 44,764.11	S/ 47,642.96	S/ 46,920.78	S/ 51,350.44	S/ 54,207.47	S/298,513.23	232%
50%	-S/13,912.94	S/ 29,598.10	S/ 36,492.56	S/ 38,556.66	S/ 40,577.15	S/ 39,115.39	S/ 44,585.27	S/ 47,465.22	S/ 46,648.46	S/ 51,161.19	S/ 54,029.72	S/296,942.15	230%
55%	-S/13,912.94	S/ 29,256.43	S/ 36,314.82	S/ 38,378.91	S/ 40,399.40	S/ 38,821.57	S/ 44,406.43	S/ 47,287.47	S/ 46,376.14	S/ 50,971.94	S/ 53,851.98	S/295,371.06	228%
60%	-S/13,912.94	S/ 28,914.76	S/ 36,137.07	S/ 38,201.17	S/ 40,221.65	S/ 38,527.75	S/ 44,227.58	S/ 47,109.72	S/ 46,103.82	S/ 50,782.69	S/ 53,674.23	S/293,799.97	226%
65%	-S/13,912.94	S/ 28,573.10	S/ 35,959.32	S/ 38,023.42	S/ 40,043.90	S/ 38,233.92	S/ 44,048.74	S/ 46,931.97	S/ 45,831.49	S/ 50,593.45	S/ 53,496.48	S/292,228.89	224%
70%	-S/13,912.94	S/ 28,231.43	S/ 35,781.57	S/ 37,845.67	S/ 39,866.16	S/ 37,940.10	S/ 43,869.90	S/ 46,754.23	S/ 45,559.17	S/ 50,404.20	S/ 53,318.73	S/290,657.80	222%
75%	-S/13,912.94	S/ 27,889.76	S/ 35,603.83	S/ 37,667.92	S/ 39,688.41	S/ 37,646.28	S/ 43,691.06	S/ 46,576.48	S/ 45,286.85	S/ 50,214.95	S/ 53,140.99	S/289,086.72	220%
80%	-S/13,912.94	S/ 27,548.09	S/ 35,426.08	S/ 37,490.18	S/ 39,510.66	S/ 37,352.46	S/ 43,512.21	S/ 46,398.73	S/ 45,014.53	S/ 50,025.70	S/ 52,963.24	S/287,515.63	218%
85%	-S/13,912.94	S/ 27,206.43	S/ 35,248.33	S/ 37,312.43	S/ 39,332.91	S/ 37,058.64	S/ 43,333.37	S/ 46,220.98	S/ 44,742.21	S/ 49,836.46	S/ 52,785.49	S/285,944.54	216%
90%	-S/13,912.94	S/ 26,864.76	S/ 35,070.58	S/ 37,134.68	S/ 39,155.17	S/ 36,764.81	S/ 43,154.53	S/ 46,043.24	S/ 44,469.88	S/ 49,647.21	S/ 52,607.74	S/284,373.46	214%
95%	-S/13,912.94	S/ 26,523.09	S/ 34,892.84	S/ 36,956.93	S/ 38,977.42	S/ 36,470.99	S/ 42,975.69	S/ 45,865.49	S/ 44,197.56	S/ 49,457.96	S/ 52,430.00	S/282,802.37	212%
100%	-S/13,912.94	S/ 26,181.43	S/ 34,715.09	S/ 36,779.19	S/ 38,799.67	S/ 36,177.17	S/ 42,796.84	S/ 45,687.74	S/ 43,925.24	S/ 49,268.71	S/ 52,252.25	S/281,231.29	210%
200%	-S/13,912.94	S/ 19,348.08	S/ 31,160.14	S/ 33,224.24	S/ 35,244.72	S/ 30,300.73	S/ 39,219.99	S/ 42,132.79	S/ 38,478.79	S/ 45,483.76	S/ 48,697.30	S/249,809.57	173%
300%	-S/13,912.94	S/ 12,514.74	S/ 27,605.19	S/ 29,669.29	S/ 31,689.77	S/ 24,424.28	S/ 35,643.14	S/ 38,577.84	S/ 33,032.35	S/ 41,698.81	S/ 45,142.35	S/218,387.85	139%
400%	-S/13,912.94	S/ 5,681.39	S/ 24,050.24	S/ 26,114.34	S/ 28,134.82	S/ 18,547.84	S/ 32,066.29	S/ 35,022.89	S/ 27,585.91	S/ 37,913.86	S/ 41,587.40	S/186,966.14	108%
500%	-S/13,912.94	-S/ 1,151.95	S/ 20,495.29	S/ 22,559.39	S/ 24,579.87	S/ 12,671.39	S/ 28,489.44	S/ 31,467.94	S/ 22,139.46	S/ 34,128.91	S/ 38,032.45	S/155,544.42	82%
600%	-S/13,912.94	-S/ 7,985.29	S/ 16,940.34	S/ 19,004.44	S/ 21,024.92	S/ 6,794.95	S/ 24,912.59	S/ 27,912.99	S/ 16,693.02	S/ 30,343.96	S/ 34,477.50	S/124,122.70	60%
700%	-S/13,912.94	-S/ 14,818.64	S/ 13,385.39	S/ 15,449.49	S/ 17,469.97	S/ 918.51	S/ 21,335.74	S/ 24,358.04	S/ 11,246.57	S/ 26,559.01	S/ 30,922.55	S/92,700.99	41%
800%	-S/13,912.94	-S/ 21,651.98	S/ 9,830.44	S/ 11,894.54	S/ 13,915.02	-S/ 4,957.94	S/ 17,758.89	S/ 20,803.09	S/ 5,800.13	S/ 22,774.06	S/ 27,367.60	S/61,279.27	26%
900%	-S/13,912.94	-S/ 28,485.33	S/ 6,275.49	S/ 8,339.59	S/ 10,360.07	-S/ 10,834.38	S/ 14,182.04	S/ 17,248.14	S/ 353.69	S/ 18,989.11	S/ 23,812.65	S/29,857.55	13%
1000%	-S/13,912.94	-S/ 35,318.67	S/ 2,720.54	S/ 4,784.64	S/ 6,805.12	-S/ 16,710.83	S/ 10,605.19	S/ 13,693.19	-S/ 5,092.76	S/ 15,204.16	S/ 20,257.70	-S/1,564.16	1%
1100%	-S/13,912.94	-S/ 42,152.01	-S/ 834.41	S/ 1,229.69	S/ 3,250.17	-S/ 22,587.27	S/ 7,028.34	S/ 10,138.24	-S/ 10,539.20	S/ 11,419.21	S/ 16,702.75	-S/32,985.88	-11%
1200%	-S/13,912.94	-S/ 48,985.36	-S/ 4,389.36	-S/ 2,325.26	-S/ 304.78	-S/ 28,463.71	S/ 3,451.49	S/ 6,583.29	-S/ 15,985.65	S/ 7,634.26	S/ 13,147.80	-S/64,407.60	-23%

Nota: Se puede apreciar que el VAN se vuelve negativo cuando los costos de mantenimiento varíen en aproximadamente 1000%. Además, el TIR se vuelve negativo cuando los costos de mantenimiento varíen en aproximadamente 1100%.

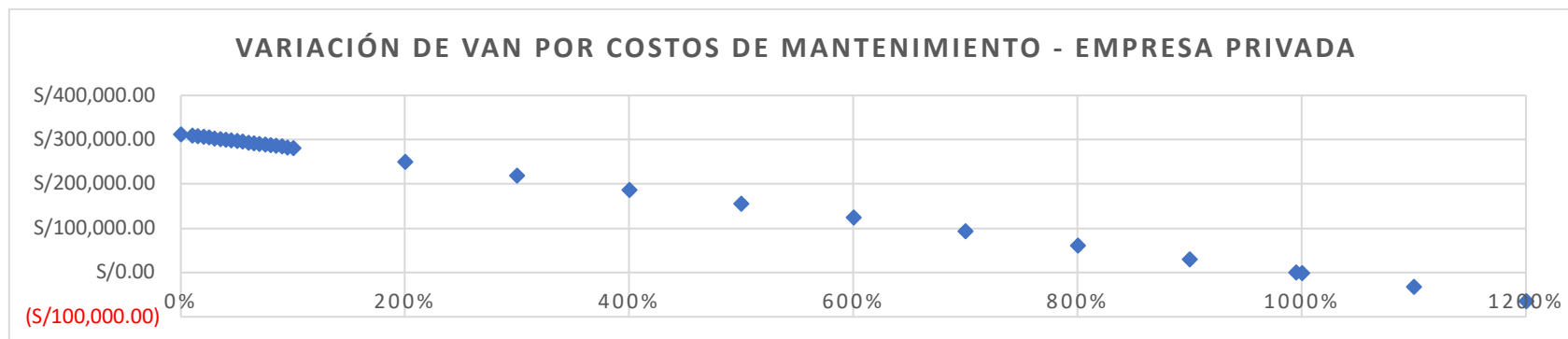


Figura 142: Gráfico de variación de VAN por costos de mantenimiento para la Empresa Privada. (Elaboración propia)

Según la figura N° 142, cuando se varían los costos de mantenimiento en 995%, el VAN, si el proyecto es de la empresa privada, se convierte en cero.

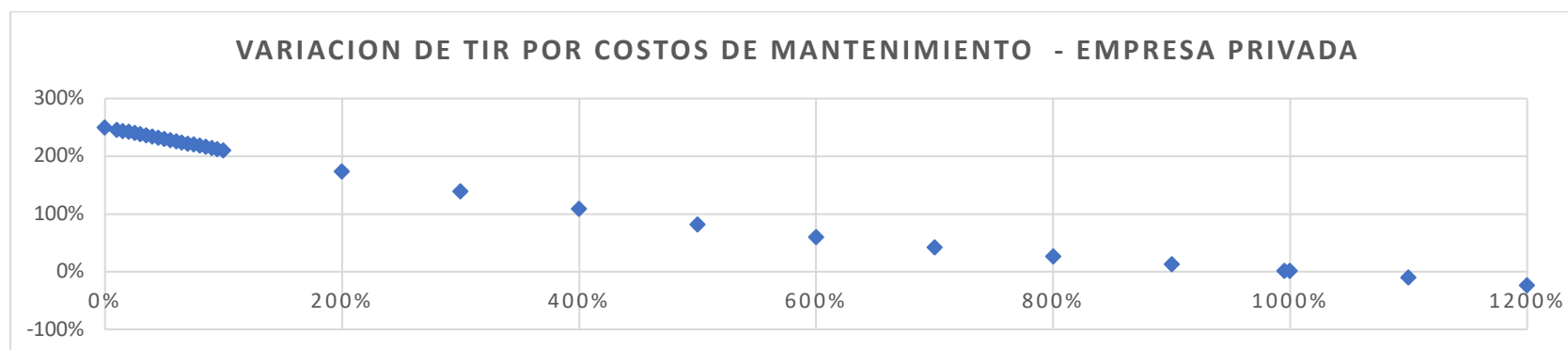


Figura 143: Variación de TIR por costos de mantenimiento para la Empresa Privada. (Elaboración propia)

Según la figura N° 143, cuando se varían los costos de mantenimiento en 1010%, el TIR, si el proyecto es de la empresa privada, es igual a cero.

Tabla 113: Análisis de sensibilidad para el Estado - Costos de mantenimiento

Análisis de sensibilidad para el Estado													
% Variación costos de mantenimiento	Inversión	Flujo de caja 1	Flujo de caja 2	Flujo de caja 3	Flujo de caja 4	Flujo de caja 5	Flujo de caja 6	Flujo de caja 7	Flujo de caja 8	Flujo de caja 9	Flujo de caja 10	VAN	TIR
0%	-\$/13,912.94	33,883.83	38,686.54	40,750.64	42,771.13	42,778.88	46,793.11	49,659.20	50,039.76	53,500.76	56,223.70	S/316,445.47	255%
10%	-\$/13,912.94	33,287.40	38,372.70	40,436.80	42,457.28	42,263.76	46,477.37	49,345.35	49,561.92	53,166.97	55,909.86	S/313,682.55	251%
15%	-\$/13,912.94	32,989.19	38,215.78	40,279.87	42,300.36	42,006.20	46,319.50	49,188.43	49,323.00	53,000.08	55,752.94	S/312,301.08	249%
20%	-\$/13,912.94	32,690.97	38,058.85	40,122.95	42,143.44	41,748.64	46,161.62	49,031.51	49,084.08	52,833.19	55,596.01	S/310,919.62	248%
25%	-\$/13,912.94	32,392.76	37,901.93	39,966.03	41,986.51	41,491.08	46,003.75	48,874.58	48,845.16	52,666.29	55,439.09	S/309,538.16	246%
30%	-\$/13,912.94	32,094.55	37,745.01	39,809.11	41,829.59	41,233.52	45,845.88	48,717.66	48,606.24	52,499.40	55,282.17	S/308,156.70	244%
35%	-\$/13,912.94	31,796.33	37,588.09	39,652.18	41,672.67	40,975.96	45,688.01	48,560.74	48,367.33	52,332.51	55,125.25	S/306,775.23	242%
40%	-\$/13,912.94	31,498.12	37,431.16	39,495.26	41,515.75	40,718.40	45,530.14	48,403.82	48,128.41	52,165.61	54,968.33	S/305,393.77	241%
45%	-\$/13,912.94	31,199.90	37,274.24	39,338.34	41,358.83	40,460.85	45,372.27	48,246.89	47,889.49	51,998.72	54,811.40	S/304,012.31	239%
50%	-\$/13,912.94	30,901.69	37,117.32	39,181.42	41,201.90	40,203.29	45,214.39	48,089.97	47,650.57	51,831.83	54,654.48	S/302,630.85	237%
55%	-\$/13,912.94	30,603.47	36,960.40	39,024.49	41,044.98	39,945.73	45,056.52	47,933.05	47,411.65	51,664.94	54,497.56	S/301,249.38	235%
60%	-\$/13,912.94	30,305.26	36,803.48	38,867.57	40,888.06	39,688.17	44,898.65	47,776.13	47,172.73	51,498.04	54,340.64	S/299,867.92	234%
65%	-\$/13,912.94	30,007.05	36,646.55	38,710.65	40,731.14	39,430.61	44,740.78	47,619.21	46,933.81	51,331.15	54,183.71	S/298,486.46	232%
70%	-\$/13,912.94	29,708.83	36,489.63	38,553.73	40,574.21	39,173.05	44,582.91	47,462.28	46,694.90	51,164.26	54,026.79	S/297,105.00	230%
75%	-\$/13,912.94	29,410.62	36,332.71	38,396.81	40,417.29	38,915.49	44,425.04	47,305.36	46,455.98	50,997.37	53,869.87	S/295,723.54	228%
80%	-\$/13,912.94	29,112.40	36,175.79	38,239.88	40,260.37	38,657.93	44,267.16	47,148.44	46,217.06	50,830.47	53,712.95	S/294,342.07	227%
85%	-\$/13,912.94	28,814.19	36,018.86	38,082.96	40,103.45	38,400.37	44,109.29	46,991.52	45,978.14	50,663.58	53,556.03	S/292,960.61	225%
90%	-\$/13,912.94	28,515.98	35,861.94	37,926.04	39,946.52	38,142.81	43,951.42	46,834.59	45,739.22	50,496.69	53,399.10	S/291,579.15	223%
95%	-\$/13,912.94	28,217.76	35,705.02	37,769.12	39,789.60	37,885.25	43,793.55	46,677.67	45,500.30	50,329.79	53,242.18	S/290,197.69	221%
100%	-\$/13,912.94	27,919.55	35,548.10	37,612.19	39,632.68	37,627.70	43,635.68	46,520.75	45,261.38	50,162.90	53,085.26	S/288,816.22	220%
200%	-\$/13,912.94	21,955.26	32,409.65	34,473.75	36,494.23	32,476.51	40,478.24	43,382.30	40,483.01	46,825.05	49,946.81	S/261,186.97	186%
300%	-\$/13,912.94	15,990.98	29,271.21	31,335.30	33,355.79	27,325.33	37,320.81	40,243.86	35,704.64	43,487.19	46,808.37	S/233,557.72	155%
400%	-\$/13,912.94	10,026.70	26,132.76	28,196.86	30,217.34	22,174.15	34,163.38	37,105.41	30,926.27	40,149.33	43,669.92	S/205,928.48	127%
500%	-\$/13,912.94	4,062.41	22,994.31	25,058.41	27,078.90	17,022.97	31,005.95	33,966.97	26,147.90	36,811.48	40,531.48	S/178,299.23	101%
600%	-\$/13,912.94	- 1,901.87	19,855.87	21,919.97	23,940.45	11,871.79	27,848.51	30,828.52	21,369.53	33,473.62	37,393.03	S/150,669.98	79%
700%	-\$/13,912.94	- 7,866.15	16,717.42	18,781.52	20,802.01	6,720.61	24,691.08	27,690.08	16,591.16	30,135.77	34,254.58	S/123,040.73	59%
800%	-\$/13,912.94	- 13,830.44	13,578.98	15,643.07	17,663.56	1,569.43	21,533.65	24,551.63	11,812.79	26,797.91	31,116.14	S/95,411.48	43%
900%	-\$/13,912.94	- 19,794.72	10,440.53	12,504.63	14,525.12	- 3,581.75	18,376.21	21,413.18	7,034.42	23,460.06	27,977.69	S/67,782.23	29%
1000%	-\$/13,912.94	- 25,759.00	7,302.09	9,366.18	11,386.67	- 8,732.93	15,218.78	18,274.74	2,256.05	20,122.20	24,839.25	S/40,152.98	17%
1100%	-\$/13,912.94	- 31,723.29	4,163.64	6,227.74	8,248.22	- 13,884.11	12,061.35	15,136.29	- 2,522.32	16,784.35	21,700.80	S/12,523.73	6%
1200%	-\$/13,912.94	- 37,687.57	1,025.19	3,089.29	5,109.78	- 19,035.29	8,903.92	11,997.85	- 7,300.70	13,446.49	18,562.36	-S/15,105.52	-4%

Nota: Se puede apreciar que el VAN y el TIR se vuelven negativo cuando los costos de mantenimiento varíen en aproximadamente 1200%.

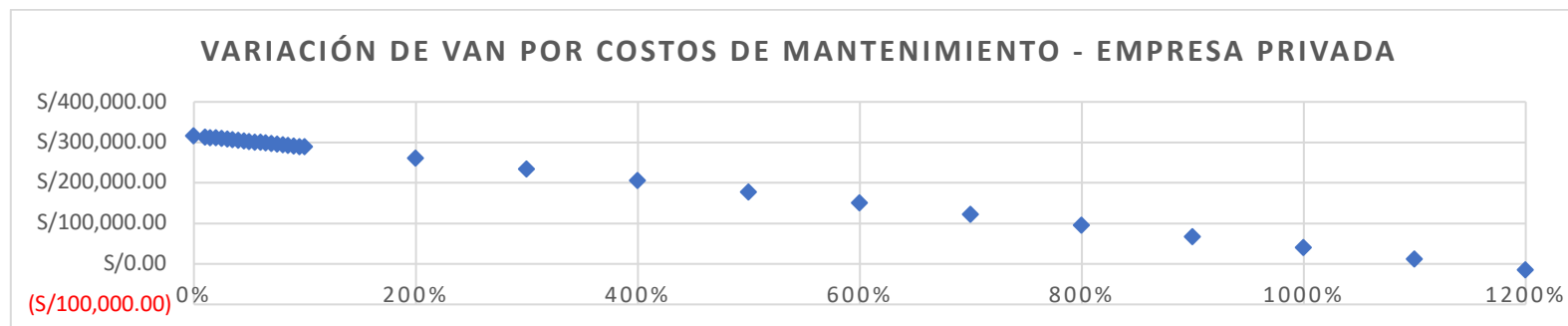


Figura 144: Gráfico de variación de VAN por costos de mantenimiento para el Estado. (Elaboración propia)

Según la figura N° 144, cuando se varían los costos de mantenimiento en 1145.33%, el VAN, si el proyecto es del Estado, es igual a cero.

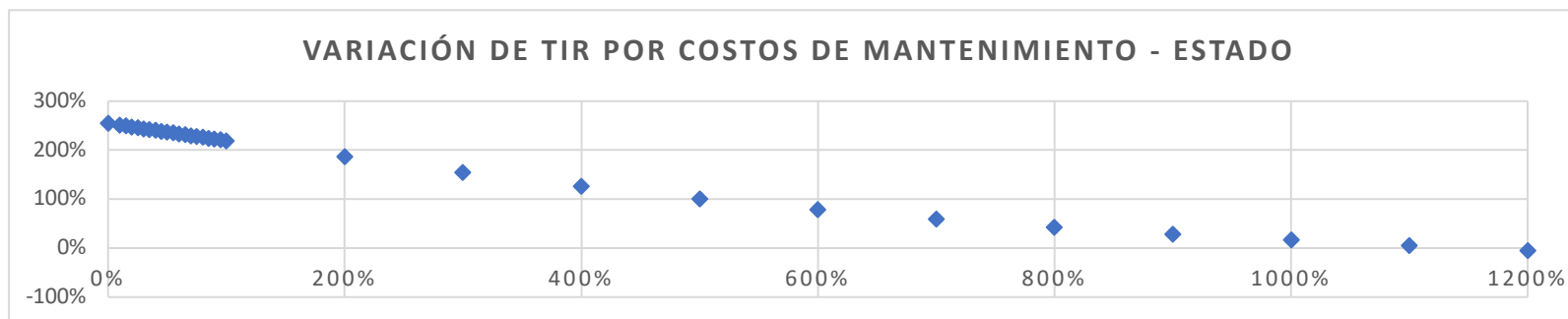


Figura 145: Gráfico de variación de TIR por costos de mantenimiento para el Estado. (Elaboración propia)

Según la figura N° 145, cuando se varían los costos de mantenimiento en 1160%, el TIR, si el proyecto es del Estado, es igual a cero.

Adicionalmente, tomando en cuenta que los beneficios podrían variar, seguidamente se presenta el análisis de sensibilidad para el caso de la Empresa Privada y para el Estado.

Tabla 114: Análisis de sensibilidad para la Empresa Privada - Beneficios

Análisis de sensibilidad para la Empresa Privada												
% Variación beneficios	Inversión	Flujo de caja 1	Flujo de caja 2	Flujo de caja 3	Flujo de caja 4	Flujo de caja 5	Flujo de caja 6	Flujo de caja 7	Flujo de caja 8	Flujo de caja 9	Flujo de caja 10	VAN
-100%	-\$/13,912.94	- 6,833.34	- 3,554.95	- 3,554.95	- 3,554.95	- 5,876.44	- 3,576.85	- 3,554.95	- 5,446.44	- 3,784.95	- 3,554.95	-\$/31,421.72
-90%	-\$/13,912.94	- 2,848.53	627.55	833.96	1,036.01	- 1,083.44	1,418.20	1,724.81	35.37	1,898.91	2,381.26	\$/2,985.76
-80%	-\$/13,912.94	1,136.28	4,810.05	5,222.87	5,626.96	3,709.57	6,413.26	7,004.58	5,517.18	7,582.77	8,317.48	\$/37,393.23
-70%	-\$/13,912.94	5,121.09	8,992.55	9,611.78	10,217.92	8,502.57	11,408.31	12,284.34	10,998.99	13,266.63	14,253.69	\$/71,800.70
-60%	-\$/13,912.94	9,105.90	13,175.05	14,000.68	14,808.88	13,295.58	16,403.37	17,564.11	16,480.81	18,950.50	20,189.91	\$/106,208.17
-50%	-\$/13,912.94	13,090.71	17,357.54	18,389.59	19,399.84	18,088.58	21,398.42	22,843.87	21,962.62	24,634.36	26,126.12	\$/140,615.64
-40%	-\$/13,912.94	17,075.52	21,540.04	22,778.50	23,990.79	22,881.59	26,393.48	28,123.63	27,444.43	30,318.22	32,062.34	\$/175,023.12
-30%	-\$/13,912.94	21,060.34	25,722.54	27,167.41	28,581.75	27,674.60	31,388.53	33,403.40	32,926.24	36,002.08	37,998.55	\$/209,430.59
-20%	-\$/13,912.94	25,045.15	29,905.04	31,556.32	33,172.71	32,467.60	36,383.58	38,683.16	38,408.06	41,685.94	43,934.77	\$/243,838.06
-10%	-\$/13,912.94	29,029.96	34,087.54	35,945.23	37,763.66	37,260.61	41,378.64	43,962.93	43,889.87	47,369.80	49,870.98	\$/278,245.53
0%	-\$/13,912.94	33,014.77	38,270.04	40,334.14	42,354.62	42,053.61	46,373.69	49,242.69	49,371.68	53,053.66	55,807.20	\$/312,653.00
10%	-\$/13,912.94	36,999.58	42,452.54	44,723.04	46,945.58	46,846.62	51,368.75	54,522.45	54,853.50	58,737.52	61,743.41	\$/347,060.48
20%	-\$/13,912.94	40,984.39	46,635.04	49,111.95	51,536.54	51,639.63	56,363.80	59,802.22	60,335.31	64,421.39	67,679.63	\$/381,467.95
30%	-\$/13,912.94	44,969.20	50,817.53	53,500.86	56,127.49	56,432.63	61,358.86	65,081.98	65,817.12	70,105.25	73,615.84	\$/415,875.42
40%	-\$/13,912.94	48,954.01	55,000.03	57,889.77	60,718.45	61,225.64	66,353.91	70,361.75	71,298.93	75,789.11	79,552.06	\$/450,282.89
50%	-\$/13,912.94	52,938.83	59,182.53	62,278.68	65,309.41	66,018.64	71,348.97	75,641.51	76,780.75	81,472.97	85,488.27	\$/484,690.36
60%	-\$/13,912.94	56,923.64	63,365.03	66,667.59	69,900.36	70,811.65	76,344.02	80,921.28	82,262.56	87,156.83	91,424.49	\$/519,097.84
70%	-\$/13,912.94	60,908.45	67,547.53	71,056.50	74,491.32	75,604.65	81,339.07	86,201.04	87,744.37	92,840.69	97,360.70	\$/553,505.31
80%	-\$/13,912.94	64,893.26	71,730.03	75,445.40	79,082.28	80,397.66	86,334.13	91,480.80	93,226.18	98,524.55	103,296.92	\$/587,912.78
90%	-\$/13,912.94	68,878.07	75,912.53	79,834.31	83,673.24	85,190.67	91,329.18	96,760.57	98,708.00	104,208.41	109,233.13	\$/622,320.25
100%	-\$/13,912.94	72,862.88	80,095.03	84,223.22	88,264.19	89,983.67	96,324.24	102,040.33	104,189.81	109,892.28	115,169.35	\$/656,727.72

Nota: Cuando los beneficios se reducen en aproximadamente 100%, el VAN se convierte en negativo. Caso contrario, el proyecto continua siendo rentable para la empresa privada.

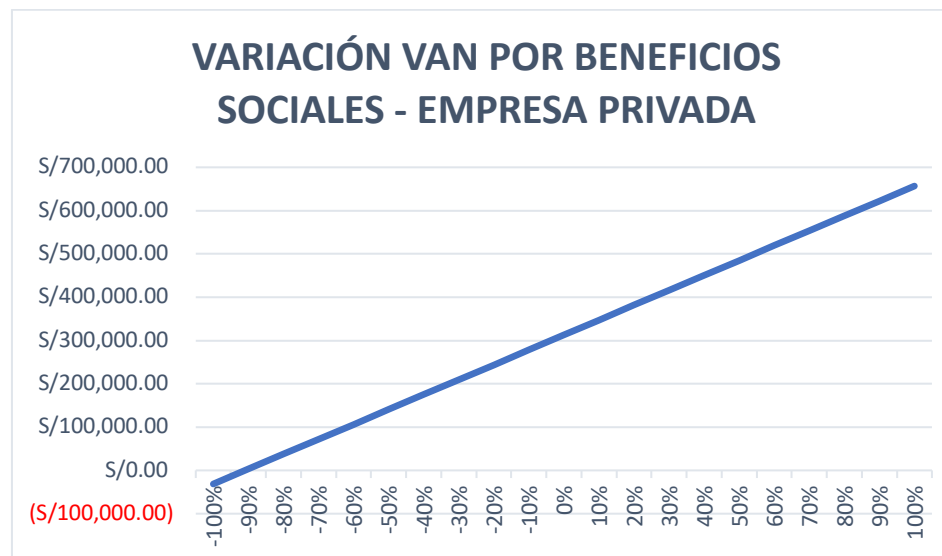


Figura 146: Gráfico de variación de VAN por beneficios para la Empresa Privada. (Elaboración propia)

Tomando en consideración la tabla N° 114 y la figura N° 146, si los beneficios se reducen en 90.87%, el VAN es igual a cero para la empresa privada.

Tabla 115: Análisis de sensibilidad para el Estado - Beneficios

Análisis de sensibilidad para el Estado												
% Variación beneficios	Inversión	Flujo de caja 1	Flujo de caja 2	Flujo de caja 3	Flujo de caja 4	Flujo de caja 5	Flujo de caja 6	Flujo de caja 7	Flujo de caja 8	Flujo de caja 9	Flujo de caja 10	VAN
-100%	-\$/13,912.94	- 5,964.28	- 3,138.45	- 3,138.45	- 3,138.45	- 5,151.18	- 3,157.43	- 3,138.45	- 4,778.37	- 3,337.86	- 3,138.45	-\$/27,629.25
-90%	-\$/13,912.94	- 1,979.47	1,044.05	1,250.46	1,452.51	- 358.18	1,837.62	2,141.32	703.44	2,346.01	2,797.77	\$/6,778.22
-80%	-\$/13,912.94	2,005.34	5,226.55	5,639.37	6,043.47	4,434.83	6,832.68	7,421.08	6,185.25	8,029.87	8,733.98	\$/41,185.70
-70%	-\$/13,912.94	5,990.15	9,409.05	10,028.28	10,634.43	9,227.84	11,827.73	12,700.85	11,667.07	13,713.73	14,670.20	\$/75,593.17
-60%	-\$/13,912.94	9,974.96	13,591.55	14,417.19	15,225.38	14,020.84	16,822.78	17,980.61	17,148.88	19,397.59	20,606.41	\$/110,000.64
-50%	-\$/13,912.94	13,959.77	17,774.05	18,806.10	19,816.34	18,813.85	21,817.84	23,260.37	22,630.69	25,081.45	26,542.63	\$/144,408.11
-40%	-\$/13,912.94	17,944.58	21,956.55	23,195.01	24,407.30	23,606.85	26,812.89	28,540.14	28,112.51	30,765.31	32,478.84	\$/178,815.58
-30%	-\$/13,912.94	21,929.40	26,139.05	27,583.91	28,998.25	28,399.86	31,807.95	33,819.90	33,594.32	36,449.17	38,415.06	\$/213,223.06
-20%	-\$/13,912.94	25,914.21	30,321.55	31,972.82	33,589.21	33,192.87	36,803.00	39,099.67	39,076.13	42,133.03	44,351.27	\$/247,630.53
-10%	-\$/13,912.94	29,899.02	34,504.04	36,361.73	38,180.17	37,985.87	41,798.06	44,379.43	44,557.94	47,816.90	50,287.49	\$/282,038.00
0%	-\$/13,912.94	33,883.83	38,686.54	40,750.64	42,771.13	42,778.88	46,793.11	49,659.20	50,039.76	53,500.76	56,223.70	\$/316,445.47
10%	-\$/13,912.94	37,868.64	42,869.04	45,139.55	47,362.08	47,571.88	51,788.17	54,938.96	55,521.57	59,184.62	62,159.92	\$/350,852.94
20%	-\$/13,912.94	41,853.45	47,051.54	49,528.46	51,953.04	52,364.89	56,783.22	60,218.72	61,003.38	64,868.48	68,096.13	\$/385,260.42
30%	-\$/13,912.94	45,838.26	51,234.04	53,917.37	56,544.00	57,157.89	61,778.27	65,498.49	66,485.19	70,552.34	74,032.35	\$/419,667.89
40%	-\$/13,912.94	49,823.08	55,416.54	58,306.27	61,134.95	61,950.90	66,773.33	70,778.25	71,967.01	76,236.20	79,968.56	\$/454,075.36
50%	-\$/13,912.94	53,807.89	59,599.04	62,695.18	65,725.91	66,743.91	71,768.38	76,058.02	77,448.82	81,920.06	85,904.78	\$/488,482.83
60%	-\$/13,912.94	57,792.70	63,781.54	67,084.09	70,316.87	71,536.91	76,763.44	81,337.78	82,930.63	87,603.92	91,840.99	\$/522,890.30
70%	-\$/13,912.94	61,777.51	67,964.03	71,473.00	74,907.83	76,329.92	81,758.49	86,617.54	88,412.44	93,287.79	97,777.21	\$/557,297.78
80%	-\$/13,912.94	65,762.32	72,146.53	75,861.91	79,498.78	81,122.92	86,753.55	91,897.31	93,894.26	98,971.65	103,713.42	\$/591,705.25
90%	-\$/13,912.94	69,747.13	76,329.03	80,250.82	84,089.74	85,915.93	91,748.60	97,177.07	99,376.07	104,655.51	109,649.64	\$/626,112.72
100%	-\$/13,912.94	73,731.94	80,511.53	84,639.73	88,680.70	90,708.93	96,743.65	102,456.84	104,857.88	110,339.37	115,585.85	\$/660,520.19

Nota: Cuando los beneficios varían en aproximadamente 100%, el VAN es negativo. Caso contrario, el proyecto se mantiene rentable para el Estado.

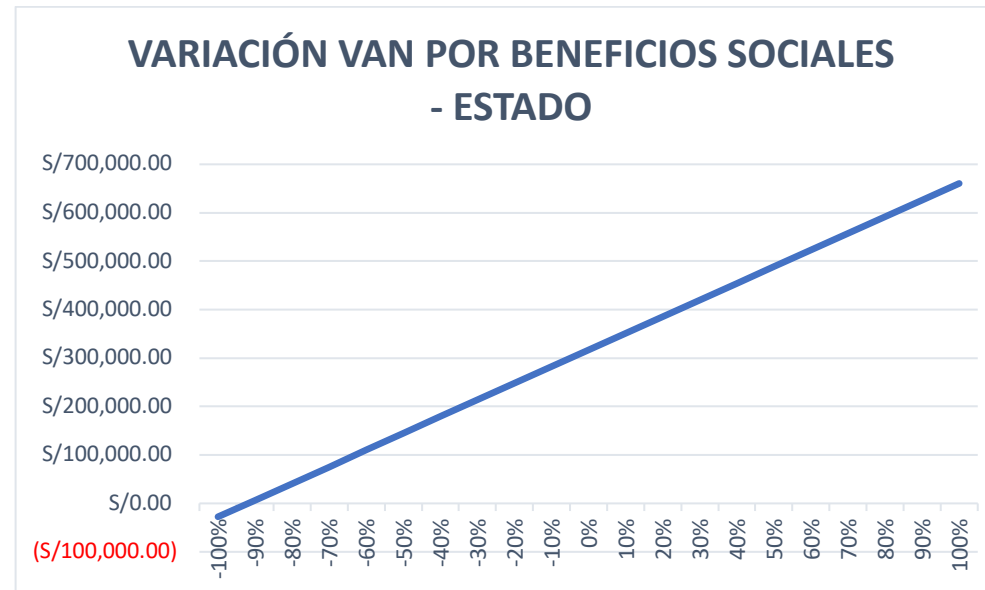


Figura 147: Gráfico de variación de VAN por beneficios para el Estado. (Elaboración propia)

Tomando en consideración la tabla N° 115, y la figura N° 147, si los beneficios se reducen en 91.97%, el VAN es igual a cero para el Estado.

Capítulo VII: Discusión Sobre Los Resultados Del Proyecto Solución Y Su Impacto

Actualmente, la Institución Educativa N°34030 Raúl Porras Barrenechea consume agua de dos fuentes de abastecimiento: la red pública y el ojo de agua.

En el caso de la red pública, se solicitó el análisis de la muestra de agua tomada de uno de los caños del patio de la Institución Educativa al Laboratorio Sociedad de Asesoramiento Técnico. Dicho laboratorio confirmó que los resultados presentados en el informe N°1595-2017/DCOVI/DIGESA elaborado por la Dirección General de Salud Ambiental e Inocuidad Alimentaria del Ministerio de Salud, seguían vigentes puesto que se obtuvo que los parámetros: hierro, turbiedad, cloro, organismos de vida libre, bacterias coliformes totales y fecales; continúan fuera de los límites máximo-permisibles señalados en el DS N°031-2010-SA.

En el caso del ojo de agua, si bien es cierto, existe un letrero colocado por el Ministerio de Salud hace más de 20 años que señala que el agua es apta para el consumo, la comunidad campesina de Yurajhuanca no cuenta con información actualizada que verifique el estado del agua ni su origen. Por otro lado, suponiendo que el agua si es apta para el consumo, los pobladores no toman en consideración que para el transporte del agua se requiere de recipientes inocuos que sean aptos para el almacenamiento de esta clase de agua. A pesar de que el agua pueda ser apta, si no se utiliza un recipiente de material adecuado, esta se puede contaminar de los microorganismos o partículas que se encuentren en el recipiente o en el ambiente.

Según lo mencionado anteriormente, no se puede afirmar que el agua que ingieren sea apta para el consumo por tal motivo se propuso un sistema de purificación de agua que utilice el agua de la red pública y sea amigable con el medio ambiente por dos razones: el agua de la red pública tiene un costo de S/ 0.81 por m³, es decir, es muchísimo más económico utilizar el agua de la red que comprar agua embotellada o invertir tiempo en ir al ojo de agua para llenar los recipientes; y, la segunda razón no es solo por el calentamiento global y la promoción de la actividad física de los miembros de la Institución Educativa, sino porque no hay energía constante para el funcionamiento del sistema.

Mediante la realización del prototipo se verificó que el filtro multimedia, el filtro de carbón activado, el filtro de arena verde, el equipo UV y la cloración son métodos idóneos para

el cumplimiento de los objetivos del proyecto. Asimismo, se puede inferir lo siguiente: la etapa de pretratamiento esta altamente relacionada con la remoción de bacterias coliformes y organismos de vida libre, y la reducción de cloro; la etapa de tratamiento esta altamente relacionada con la reducción de hierro, turbiedad y cloro; y, por último, la etapa de post tratamiento esta altamente relacionada con la remoción de bacterias coliformes y la reducción de cloro.

Por otro lado, se identificó que el equipo UV puede reducir la concentración de cloro en 42.31%; sin embargo, considerando las características de remoción de los filtros de la etapa de tratamiento, se puede concluir que el filtro de carbón activado es el responsable de la remoción del 90.38% de cloro. Cabe resaltar que la etapa de pretratamiento, es decir, la cloración también logra la reducción de cloro en 90.38%; sin embargo, es fundamental que el tiempo de contacto del agua con cloro debe ser por lo menos de 30 minutos para que el cloro residual tenga una concentración de 0.5 ppm.

En el caso del hierro, la etapa de tratamiento remueve su concentración en 85.71%; es decir a 0.07 ppm. Al comparar los resultados con el estudio de Castañeda (2004) se puede afirmar que la reducción de hierro esta asociada al filtro de arena verde y el filtro de carbón activado.

En el caso de la turbiedad, es la etapa de tratamiento la que reduce la concentración en 84.91% aproximadamente puesto que las partículas o sólidos suspendidos se quedan atrapados entre los granos de los medios filtrantes, lo cual impide que puedan pasar a la etapa de post filtración. Asimismo, se puede confirmar que al igual que en el estudio de Arana (2016) el filtro de carbón activado impacta en la remoción de la turbiedad. Sin embargo, no es el único filtro que facilitó la remoción, puesto que con el apoyo del filtro multimedia se alcanzó a superar el objetivo de remoción del 80%. Es importante mencionar que el equipo UV no tiene ningún impacto en la reducción de turbiedad por ende se debe asegurar que el agua que ingresa a este medio se encuentre libre de cualquier sólido o similar.

En el caso de las bacterias coliformes, estas se pueden eliminar tanto en la etapa de pretratamiento como en la de post tratamiento. La cloración inactiva diversos microorganismos patógenos y no patógenos incluyendo las bacterias coliformes; y el equipo UV destruye el ADN de los microorganismos con una eficacia de desinfección alrededor del 100%.

Por último, en el caso de los organismos de vida libre (OVL), solo se encontró que la etapa de cloración logra su remoción en 100%. Sin embargo, el resultado difiere de lo mencionado en Calidad del agua (s.f.) puesto que con una concentración de cloro residual de 0.5 mg/ L y media hora de contacto, se logró remover los OVL sin problema.

Analizando los resultados de las encuestas realizadas a los padres de familia, se puede inferir que son conscientes de la contaminación de agua actual en la Institución Educativa N°34030 Raúl Porras Barrenechea. Asimismo, reconocen la importancia de contar con un sistema de tratamiento de agua tanto para la Institución Educativa en estudio como para la comunidad campesina de Yurajhuanca. Por otro lado, se puede deducir que la ausencia de los alumnos a clase impacta negativamente en la economía familiar.

No obstante, es preciso mencionar ciertos aspectos relacionados con el desarrollo del proyecto. En primer lugar, el sistema de purificación de agua ha sido diseñado en base a dos suposiciones: los únicos parámetros fuera de los límites máximo permisibles son los señalados en el informe N°1595-2017/DCOVI/DIGESA; la concentración de los parámetros no variarán significativamente, es decir, no cambiarán de tal manera que los porcentajes de remoción sean insuficientes para alcanzar los límites máximo permisibles del DS N° 031-2010-SA; y, la tarifa por el abastecimiento de agua a la Institución Educativa N°34030 por la red pública se mantendrá en el tiempo por tal motivo no se incluye una variación de esta considerando los escenarios con y sin proyecto.

En segundo lugar, debe asignarse quien será el responsable de abrir la válvula de bola del primer tanque de almacenamiento, perteneciente a la etapa de pretratamiento, después de que hayan transcurrido los 30 minutos de cloración con el fin de que esta sea efectiva según lo planificado.

También, para el almacenamiento de la energía renovable se toma en cuenta que el panel solar podrá generar al menos 200W al día, y que diariamente (lunes a viernes) tanto los niños y profesores utilizarán las bicicletas en simultáneo por al menos 9.66 minutos generando mínimo 140.97W. Además, se espera que se genere al menos 10% adicional de energía para evitar que las pérdidas de energía naturales por el uso de conductores afecte el correcto desenvolvimiento del proyecto. Finalmente, para el primer día de funcionamiento del sistema de purificación se propone que se utilice la energía convencional; o en todo caso, un día antes de que se realice la puesta en marcha del sistema, el panel solar debe funcionar al igual que las

bicicletas; esto se debe a que el primer proceso para el tratamiento del agua requiere que ya se cuente con energía almacenada para que la bomba elevadora inteligente pueda transportar el agua de la red pública hasta el primer tanque de almacenamiento.

En relación con la hipótesis principal de este trabajo de investigación, se puede afirmar que se cumplió con los resultados esperados puesto que se logró que el sistema de purificación de agua diseñado preserve la salud de los alumnos y profesores ya que se removió los contaminantes, generando así agua apta para el consumo humano. En otras palabras, los componentes elegidos para el sistema de purificación de agua funcionaron de acuerdo con lo previsto dado que se removieron todos los contaminantes en más del 80% logrando que el agua cumpla con los límites permisibles.

Durante el desarrollo del trabajo de investigación, se presentaron diversas limitaciones que complicaron la obtención de resultados.

- El tiempo de recolección de toma y análisis de muestras fue mayor a lo esperado. Es importante considerarlo durante la planificación de proyectos similares debido a que demora alrededor de dos meses que el laboratorio culmine con el análisis de todas las muestras.
- La limitada cantidad de recursos disponibles no permitió que se analice un antes y un después de cada una de las muestras. Todas las muestras han sido comparadas en base a la toma preliminar de agua realizada en marzo del presente año.
- El acceso al informe N°1595-2017/DCOVI/DIGESA demora cerca de un mes debido que aún el procedimiento para acceder a esta clase de estudio es lento. Primero se debe solicitar vía correo electrónico al Ministerio de Salud; luego, lo derivan al área técnica y finalmente, se debe esperar alrededor de un mes por una respuesta.
- La información con respecto a la situación que atraviesa Yurajhuanca es prácticamente nula en internet puesto que solo se encontró un trabajo de investigación acerca de la evaluación de los impactos ambientales en el distrito de Simón Bolívar.
- Además, la información con la que cuenta la comunidad es muy escasa dado que no hay una base de datos actualizada donde se pueda revisar la evolución de la contaminación de agua en la localidad ni tampoco la gravedad de las enfermedades de los niños de la Institución Educativa.

Capítulo VIII: Conclusiones Y Recomendaciones

➤ Conclusiones

1. El diseño del sistema de purificación de agua para la Institución Educativa N° 34030 Raúl Porras Barrenechea permite que los parámetros observados se encuentren dentro de los límites permisibles del DS N° 031-2010-SA. En el caso del cloro, se alcanzó un porcentaje de remoción de 90.38%. En el caso del hierro, se removió el 85.71% de la concentración. En el caso de la turbiedad, se redujo en 84.91% en promedio. Por último, tanto los organismos de vida libre como las bacterias coliformes han alcanzado una remoción del 100%. La implementación del sistema de purificación de agua está vinculada con el objetivo de desarrollo sostenible número 6: agua y saneamiento.
2. Los dolores abdominales tienen una frecuencia de ocurrencia mensual para más del 60% de los alumnos y profesores en la Institución Educativa. Mediante el sistema de purificación se espera reducir sustancialmente los síntomas de enfermedades relacionadas al consumo de agua contaminada, logrando de tal manera contribuir con el objetivo de desarrollo sostenible número 3: salud y bienestar.
3. El número de alumnos desaprobados en primer grado de primaria se ha incrementado desde el año 2016 al 2018 a nivel de Pasco, Simón Bolívar, sector rural e Institución Educativa. Luego de la aplicación del sistema de purificación de agua se espera mejorar la salud de los alumnos de tal manera que influya en un mejor rendimiento académico vinculado al cumplimiento del objetivo de desarrollo sostenible número 4: educación de calidad.
4. Los mecanismos necesarios para mantener la operatividad del sistema de purificación de agua durante 10 años incluyen:
 - ✓ Identificación de todos los costos a incurrir durante los 10 años de funcionamiento del proyecto
 - ✓ Análisis de los cinco tipos de sostenibilidad con el fin de desarrollar un plan para cada uno:

- En el caso de la sostenibilidad institucional, se requiere una constante participación del Estado de tal forma que otorgue las facilidades necesarias para asegurar la continuidad del proyecto.
 - En el caso de la sostenibilidad social, se promueve la transmisión y creación de conocimiento para los miembros de la Institución Educativa y la comunidad a través de diversas acciones como: programas de educación acerca de la importancia del agua y la energía; alianza estratégica con la comunidad y promoción de la actividad física.
 - En el caso de la sostenibilidad económica, se requiere que una entidad que pueda financiar el proyecto pero que también facilite la optimización adecuada de los recursos. Principalmente, se sugiere que la empresa minera sea la entidad asociada para así construir una relación de confianza entre las partes y reducir los potenciales conflictos socio ambientales; sin embargo, el Estado es fundamental para que el proyecto pueda generar los beneficios esperados.
 - Con la finalidad de asegurar la sostenibilidad ambiental, se realizan las siguientes acciones: elaboración de tríptico ilustrativo acerca de la importancia de minimizar el consumo de energía; realización de un plan para la adecuada reducción y segregación de residuos; y desarrollo de una propuesta de un sistema de purificación de agua para toda la comunidad.
 - Finalmente, para la sostenibilidad tecnológica se ha evaluado los equipos tecnológicos en base a los siguientes criterios: fácil de mantener, reemplazar o reparar; accesible económicamente; apropiada para el contexto; adaptable; y fácil de manejar.
- ✓ Identificación de las actividades a realizar para la difusión y promoción del proyecto.

➤ Recomendaciones

1. Se propone escalar el proyecto a nivel nacional como parte de la política de desarrollo social del gobierno. Además, como parte de la política de responsabilidad social corporativa de la entidad minera se sugiere solicitar una mesa de diálogo para promover

la implementación de sistemas de purificación de agua en las zonas de influencia. También, como parte del plan de desarrollo concertado de la comunidad de Yurajhuanca se debería implementar un sistema de purificación que abastezca toda la comunidad de manera continua y amigable con el medio ambiente.

2. Se recomienda que el gobierno incluya en su boletín epidemiológico semanal del Ministerio de Salud, el estado de salud de las personas a nivel de provincia, distrito y comunidad campesina. Además, se sugiere que mediante una mesa de diálogo se proponga la realización de campañas de salud para la Institución Educativa. También, es importante que la comunidad monitoree constantemente la frecuencia de los síntomas de enfermedades en los niños y adultos con el fin de identificar la tendencia de estos.
3. Se recomienda que el gobierno identifique el coeficiente de correlación entre los alumnos desaprobados y el consumo de agua contaminada con la finalidad de tomar medidas preventivas para mejorar el rendimiento escolar de los alumnos. Asimismo, se sugiere que la entidad minera apoye el aprendizaje de los niños a través de capacitaciones a los profesores para garantizar una educación de calidad. Igualmente, es importante que la comunidad monitoree el nivel de competencia en lectura y matemáticas entre los alumnos.
4. Se recomienda que el gobierno designe a un fiscalizador que verifique que la Institución Educativa ha incluido el uso del sistema como parte de su rutina diaria. También, se propone que la entidad minera establezca un periodo de acompañamiento para el mantenimiento del sistema. Inclusive, se sugiere que la comunidad verifique que se cumpla con el cronograma de frecuencia de mantenimiento.

Fuentes De Información

- Activated Carbon Market Size, Share & Trends Analysis Report By Product (Powdered, Granular), By Application (Liquid, Gas), By End Use (Water Treatment, Air Purification), By Region, and Segment Forecasts, 2019-2025. (2019). Grand View Research. Recuperado de <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/activated-carbon-market>
- Agència de Salut Pública. (2012). *Los trihalometanos (THM) en el agua de consumo: Documento informativo*. Recuperado de https://higieneambiental.com/sites/default/files/images/pdf/THM_esp.pdf
- Agencia EFE. (11 de abril de 2018). Arsénico, manganeso y aluminio contaminan las aguas subterráneas en Amazonas. *Gestión*. Recuperado de <https://gestion.pe/peru/arsenico-manganeso-aluminio-contaminan-aguas-subterraneas-amazonas-231194-noticia/>
- Aguasistec. (s.f.). *Planta de tratamiento de agua potable - PTAP*. Recuperado de <http://www.aguasistec.com/planta-de-tratamiento-de-agua-potable.php>
- Agüero, R. (1997). *Agua potable para poblaciones rurales: Sistemas de abastecimiento por gravedad sin tratamiento*. Recuperado de <https://es.slideshare.net/yanethyovana/agua-potable-parapoblacionesruralesroger-aguero-pittman>
- Ahsan, A. & Arunkumar, T. & ElSergany, M. & Jose, B. & NikDaud, N. & Razzaque, M. & Shitu, A & Tadda, M.(2016). *Journal of Advanced Civil Engineering Practice and Research 2016. A review on Activated Carbon: Process, application and prospects*, 2(1), 7-13. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/308207482_A_Review_on_Activated_Carbon_Process_Application_and_Prospects
- Aizama, V. & Cardozo, R. & Cardozo, V. (2013). Prototipo generador de energía eléctrica a través del uso alternativo de la bicicleta. *Revista Difusiones*. Recuperado de <https://www.revistadifusiones.net/index.php/difusiones/article/view/73/145>

Alegría, J. (2013). *Ampliación y mejoramiento del Sistema de Agua Potable de la Ciudad de Bagua Grande*. (Tesis de grado). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú

“All about water filters”. (s.f.). *23 Incredible Facts About Water in Africa (Statistics and More)*. (s.f.). Recuperado de <http://all-about-water-filters.com/facts-about-water-in-africa/>

Álvarez, F. & Rado, A. (2013). *Sistemas de tratamiento de agua por intercambio iónico y ósmosis inversa*. (Tesis de grado, Universidad Católica Santa María). Recuperado de <http://catalogo.ucsm.edu.pe/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=12967>

American Chemistry Council. (s.f.). *Chlorine and Drinking Water*. Recuperado de <https://chlorine.americanchemistry.com/Chlorine/DrinkingWaterFAQ/>

American Water Works Association Research Foundation & Lyonnaise des Eaux & Water Research Commission of South Africa. (1996). *Water Treatment Membrane Processes*. New York: McGraw-Hill

“ANA alerta sobre alta contaminación del río Ucayali”. (15 de diciembre 2015). *El Comercio*. Recuperado de <https://elcomercio.pe/peru/ucayali/ana-alerta-alta-contaminacion-rio-ucayali-253262>

Andía, Y. (2000). *Tratamiento de Agua: Coagulación floculación*. Recuperado de SEDAPAL: http://www.sedapal.com.pe/c/document_library/get_file?uuid=2792d3e3-59b7-4b9e-ae55-56209841d9b8&groupId=10154

Arana, J. (2016). *Evaluación de la aplicación de carbón activado granular en la filtración del agua clarificada del río Cauca*. (Tesis de grado, Universidad del Valle). Recuperado de <http://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/10893/9337/1/3754-0505547.pdf>

Arboleada, J. (2000). *Teoría y práctica de la purificación del agua [Imagen digital]*. Recuperado de <http://fing.uncu.edu.ar/catedras/sanitaria/archivos/libros-arboleada-valencia/Teoria%20y%20Practica%20de%20la%20Purificacion%20del%20H2O%20-%20Tomo%202%20-%20Arboleada%20Valencia.pdf>

Argueta, M. (s.f.). *Control y Mejoramiento de la Calidad del Agua para consumo humano*. Recuperado de <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd65/control-mejoramiento.pdf>

Aurazo, M. (2004). Aspectos biológicos de la calidad del agua. *Tratamiento de agua para consumo humano* (pp. 58-102). Recuperado de <http://www.bvsde.paho.org/bvsatr/fulltext/tratamiento/manualI/tomol/dos.pdf>

Autoridad Nacional del Agua. (2015). *Memoria Anual 2014*. Recuperado de https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/publication/files/memoria_ana_2014_final.pdf

Autoridad Nacional del Agua & Ministerio de Agricultura y Riego (s.f.). *Plan Nacional de Recursos Hídricos*. Recuperado de <http://siar.minam.gob.pe/puno/sites/default/files/archivos/public/docs/1416.pdf>

AutoSolar. (s.f.). Repartidor Legrand Bornera Seleccionable 40A [Imagen digital]. Recuperado de <https://autosolar.pe/repartidores-de-corriente/repartidor-legrand-bornera-seleccionable-40a>

Ávila, I. & Moreno, M. (2016). *Diseño, propuesta e implementación de un filtro para tratamiento de aguas de uso doméstico en tanques de reserva en la población del casco urbano de la inspección de San Antonio de Anapoima*. (Tesis de maestría, Universidad Libre). Recuperado de <https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/10401/ANTEPROYECTO%20SEMINARIO%20FILTRO%20ARENA%20ULTIMA%20%20ENTREGA%20JUNIO%2011.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Azario, R. & García, M. & Marcó, L. & Metzler, C. (2004) La turbidez como indicador básico de calidad de aguas potabilizadas a partir de fuentes superficiales. Propuestas a propósito del estudio del sistema de potabilización y distribución en la ciudad de Concepción del Uruguay (Entre Ríos, Argentina). *Higiene y Sanidad Ambiental*, 4, 72-82. Recuperado de <http://www.salud->

[publica.es/secciones/revista/revistaspdf/bc510156890491c_Hig.Sanid.Ambient.4.72-82\(2004\).pdf](http://publica.es/secciones/revista/revistaspdf/bc510156890491c_Hig.Sanid.Ambient.4.72-82(2004).pdf)

Azoulay, A. (8 de setiembre de 2018). *Mensaje por el Día Internacional de la Alfabetización*. Recuperado de <https://ecuadoruniversitario.com/opinion/mensaje-por-el-dia-internacional-de-la-alfabetizacion-3/>

Báez, L. & Zamora, E. (2003). *Difusión y promoción del proyecto*. Recuperado de Unidad Reginal de Asistencia Técnica: <http://unpan1.un.org/intradoc/groups/public/documents/icap/unpan030133.pdf>

Bakker, H. & Boorsma, M. & Mooi, H. & Ravestijn, W. & Paniagua, S. (2013). Sustainability in project management: Where are we? *Annals of Faculty Engineering Hunedoara-International Journal of Engineering*, 9(1), 91-100. Recuperado de <http://annals.fih.upt.ro/pdf-full/2013/ANNALS-2013-1-11.pdf>

Banco Mundial. (28 de agosto de 2017a). *El Saneamiento inadecuado y la falta de acceso a agua limpia afectan a millones de personas en todo el mundo*. Recuperado de <https://www.bancomundial.org/es/news/press-release/2017/08/28/millions-around-the-world-held-back-by-poor-sanitation-and-lack-of-access-to-clean-water>

Banco Mundial. (26 de setiembre de 2017b). *Banco Mundial advierte sobre una “crisis de aprendizaje” en la educación a nivel mundial*. Recuperado de <https://www.bancomundial.org/es/news/press-release/2017/09/26/world-bank-warns-of-learning-crisis-in-global-education>

Banco Mundial. (2007). *Análisis Ambiental del Perú: Retos para un desarrollo sostenible*. Recuperado de http://siteresources.worldbank.org/INTPERUINSPANISH/Resources/Resumen_Ejecutivo_FINAL_publicado_corregido_Junio_11.pdf

Banco Mundial. (s.f.). Crecimiento PIB per cápita (% anual) [Imagen digital]. Recuperado de <https://datos.bancomundial.org/indicador/NY.GDP.PCAP.KD.ZG?end=2018&locations=PE-BO-AR-BR-CL-CO-EC-UY-VE&start=2018&type=shaded&view=bar>

- Barrenechea, A. (2004). Desinfección. *Tratamiento de agua para consumo humano*. (pp. 154-214). Recuperado de <http://www.bvsde.paho.org/bvsatr/fulltext/tratamiento/manualII/tomoII/diez.pdf>
- Bartram, J. & Cairncross, S. (2010). *Hygiene, Sanitation, and Water: Forgotten Foundations of Health*. PLoS Med, 7(11). doi: 10.1371/journal.pmed.1000367
- BBC. (11 de febrero de 2018a). *The 11 cities most likely to run out of drinking water - like Cape Town*. Recuperado de <https://www.bbc.com/news/world-42982959>
- BBC. (19 de enero de 2018b). *Ciudad del Cabo: el “día cero” en el que por primera vez una gran ciudad del mundo podría quedarse sin agua*. Recuperado de <https://www.bbc.com/mundo/noticias-internacional-42742476>
- Beardsley, S. & McClellan, S. (1995). *Membrane Softening: An emerging technology helping Florida Communities meet the increased regulations for quality potable water*. Recuperado de <https://www.lenntech.com/Data-sheets/Filmtec-Membrane-Softening-L.pdf>
- Blupools. (s.f.). Ficha técnica: Información técnica de presurizadores Rowa inteligente [Imagen digital]. Recuperado de <http://blupools.com/wp-content/uploads/2018/03/Rowa-Inteligente-20.pdf>
- Boss tech. (21 de mayo de 2018). Tratamiento de agua por intercambio iónico. [Entrada de blog] Recuperado de <https://bosstech.pe/blog/tratamiento-de-agua-por-intercambio-ionico/>
- Brauder, W. & Sigler, J. (s.f.). *Alcalinidad, pH y Sólidos Disueltos Totales*. Recuperado de Universidad de Montana Programa de Extensión en Calidad del Agua Departamento de la Tierra y Ciencias Ambientales: http://region8water.colostate.edu/PDFs/we_espanol/Alkalinity_pH_TDS%202012-11-15-SP.pdf
- Busso, M. & Cristia, J. & Hincapié, D. & Messina, J. & Ripani, L. (2017). *Aprende Mejor: Políticas públicas para el desarrollo de habilidades*. Recuperado de Banco

Interamericano de Desarrollo: <https://www.iadb.org/es/investigacion-y-datos/dia-2017-aprender-mejor-politicas-publicas-desarrollo-habilidades>

“Calidad del agua”. (s.f.). Recuperado de <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/scan/018790/018790-02.pdf>

Cambridge University. (s.f.). Partes de una bicicleta [Imagen digital]. Recuperado de <https://blog.cambridge.es/media-gallery/partes-una-bicicleta/>

Castañeda, J. (2004). *Reducción de hierro manganeso y detergente en el agua, por medio de arena verde de manganeso y carbón activado*. (Tesis de grado, Universidad de San Carlos de Guatemala). Recuperado de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0895_Q.pdf

Centro Nacional de Epidemiología, Prevención y Control de Enfermedades. (2019a). *Boletín epidemiológico del Perú*. Recuperado de Ministerio de Salud: <https://www.dge.gob.pe/portal/docs/vigilancia/boletines/2019/29.pdf>

Centro Nacional de Epidemiología, Prevención y Control de Enfermedades. (2019b). *Vigilancia epidemiológica Exposición a metales pesados: Semana epidemiológica N° 023-2019*. Recuperado de Ministerio de Salud: <https://www.dge.gob.pe/portal/docs/vigilancia/sala/2019/SE23/metales.pdf>

Centro Nacional de Epidemiología, Prevención y Control de Enfermedades. (2019c). *Vigilancia epidemiológica Exposición a metales pesados: Semana epidemiológica N° 7 - 2019*. Recuperado de Ministerio de Salud: <http://www.dge.gob.pe/portal/docs/tools/teleconferencia/2019/SE082019/04.pdf>

“Cerro de Pasco: Residentes afectados por la contaminación”. (9 de noviembre de 2018). *Panamericana*. Recuperado de <https://panamericana.pe/24horas/nacionales/254781-cerro-pasco-residentes-afectados-contaminacion>

- Clark, H. (2019). Informe de seguimiento de la educación en el mundo - Migración, desplazamiento y educación: Construyendo puentes, no muros. Recuperado de Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000367436>
- Colina, L. (s.f.). *Filtración por membrana*. Recuperado de http://sgpwe.izt.uam.mx/files/users/uami/mlci/filtracion_por_membrana.pdf
- Colqui, Z. (2017). Consejo Regional solicita intervención de la Contraloría en proyecto de agua para Pasco. *Diario Digital Chelelo y Borolas*. Recuperado de <https://www.cheleloyborolas.com/index.php/institucional/36125-autoridades-educativas-de-la-region-pasco-presentes-en-la-ii-cgie-2>
- Compañía Minera Volcan. (2018). *Reporte de Sostenibilidad 2017 (preliminar)*. Recuperado de <https://www.volcan.com.pe/wp-content/uploads/2018/05/180301-Reporte-de-Sostenibilidad-2017-Preliminar.pdf?x58639>
- Conant, J. & Fadem, P. (2011). *La protección del agua comunitaria: Guía comunitaria para la salud ambiental* (pp. 64 - 101). Recuperado de <https://ongcaps.files.wordpress.com/2012/04/guc3ada-comunitaria-para-la-salud-ambiental.pdf>
- Concha, J. & Guillén, J. (2014). *Mejoramiento del sistema de abastecimiento de agua potable*. (Tesis de grado, Universidad San Martín de Porres). Recuperado de [www.repositorioacademico.usmp.edu.pe > concha_hjd](http://www.repositorioacademico.usmp.edu.pe/concha_hjd)
- Congreso de la República. (2013). Ley de presupuesto del sector público para el año fiscal 2013. [Ley N° 29951]. DO: [Diario Oficial del Bicentenario El Peruano]/ Recuperado de <https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/ley-de-presupuesto-del-sector-publico-para-el-ano-fiscal-201-ley-n-29951-874014-1/>
- Contraloría General de la República del Perú. (2019). Nota de Prensa N° 180 – 2019- CG-CGOC: Controlaría promoverá acciones que garanticen pronto funcionamiento de Hospital Daniel Alcides Carrión. Recuperado de http://www.contraloria.gob.pe/wps/wcm/connect/cgrnew/as_contraloria/prensa/notas_de_prensa/2019/pasco/np_180-2019-cg-gcoc

“Corriente alterna y la corriente continua ¿cuál es la diferencia?”. (s.f). Interpretación gráfica de la corriente alterna [Imagen digital]. Recuperado de <https://www.generatuluz.com/la-corriente-alterna-y-la-corriente-continua/>

“Corriente alterna y la corriente continua ¿cuál es la diferencia?”. (s.f). Interpretación gráfica de la corriente continua [Imagen digital]. Recuperado de <https://www.generatuluz.com/la-corriente-alterna-y-la-corriente-continua/>

Cortés, H. & Peña, J. (2015). De la Sotenibilidad a la sustentabilidad: Modelo de desarrollo sustentable para su implementación en políticas y proyectos. *Revista Institución Educativa De Administración de Negocios*, (78), 40-54, doi:10.21158/01208160.n78.2015.1189

Cortijo, D. (2013). Desalcalinización del agua mediante intercambio iónico. *Ingeniería Industrial*, 1(31). Recuperado de http://revistas.ulima.edu.pe/index.php/Ingenieria_industrial/article/viewFile/24/19

Costa, C. & Martins, A. & Mata, T. (2006). Education for sustainability: challenges and trends. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 8(1), 31–37.

“Credicorp Capital recomienda cautela para invertir en Perú por incertidumbre política y conflictos sociales” (4 de setiembre de 2019). *Gestión*. Recuperado de <https://gestion.pe/economia/credicorp-capital-recomienda-cautela-para-invertir-en-peru-por-incertidumbre-politica-y-conflictos-sociales-nndc-noticia/?ref=gesr>

Cruz, C. (6 de octubre de 2017). ¿Podemos purificar agua con una bicicleta?. *El Universal*. Recuperado de <https://www.eluniversal.com.mx/columna/clemente-cruz-atenogenes/cultura/podemos-purificar-agua-con-una-bicicleta>

Cruz, C. (2015). *Potabilización de agua aprovechando la energía eléctrica generada con bicicletas estáticas*. (Tesis de grado, Universidad Nacional Autónoma de México). Recuperado de <http://132.248.52.100:8080/xmlui/handle/132.248.52.100/7946>

Cruz, L. (2019). Pasco: habitantes toman agua potable contaminada con pulgas. *Diario Correo*. Recuperado de <https://diariocorreo.pe/edicion/pasco/pasco-habitantes-toman-agua-potable-contaminada-con-pulgas-919812/>

- Curiosoando. (s.f.). ¿Qué es un puente rectificador de diodos? [Imagen digital]. Recuperado de <https://curiosoando.com/que-es-un-puente-rectificador-de-diodos>
- D'Agostino, A. (2014). *Diseño de Producto: Generación de Energía Eléctrica a Partir de Bicicletas Fijas de Indoor*. (Tesis de grado, Universidad Nacional de Córdoba). Recuperado de <https://rdu.unc.edu.ar/bitstream/handle/11086/1340/Dagostino%20Alexis%20-%20PI.pdf?sequence=1>
- Dakkak, A. (27 de febrero de 2016). Water Pollution Worries in Developing World [Entrada de blog]. Recuperado de <https://www.ecomena.org/water-pollution/>
- David, F. (2003). *Conceptos de Administración Estratégica*. 9a ed. México: Pearson Educación.
- De la Cruz, G. (2017). Igualdad y equidad en educación: retos para una América Latina en transición. *Educación*, 26, 159-174. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6185255>
- Defensoría del Pueblo. (2019). *Reporte de Conflictos Sociales N°182*. Recuperado de <https://www.defensoria.gob.pe/wp-content/uploads/2019/05/Conflictos-Sociales-N°-182-Abril-2019.pdf>
- Defensoría del Pueblo. (2018). *Gobierno Regional debe culminar proyecto de saneamiento*. Recuperado de <https://www.defensoria.gob.pe/defensoria-del-pueblo-demanda-a-gobierno-regional-de-pasco-culminar-proyecto-de-abastecimiento-de-agua/>
- Díaz, W. (2017). *Evaluación y optimización de la planta de tratamiento de agua potable del municipio de Tena en el departamento de Cundinamarca*. (Tesis de grado, Universidad Católica de Colombia). Recuperado de https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/14490/1/Trabajo_21.pdf
- Dirección de Imagen Institucional. (3 de octubre de 2017). Gobierno Regional Pasco reinició proyecto integral de agua potable. *Diario Digital Chelelo y Borolas*. Recuperado de

<https://www.cheleloyborolas.com/index.php/institucional/37500-gobierno-regional-pasco-reinicio-proyecto-integral-del-agua-potable>

Dirección General de Salud Ambiental e Inocuidad Alimentaria. (2017). Informe N° 1595-2017/DCOVI/DIGESA. Lima: Unidad de Trámite Documentario y Atención al Ciudadano – DIGESA

Dozier, M. & McFarland, M. (s.f.). *Problemas del agua potable: El hierro y el manganeso*. Recuperado de Cooperativa de Texas Extensión: <https://texaswater.tamu.edu/resources/factsheets/15451sironandman.pdf>

Eckhardt, K., Gironda, A., Lugo, J., Oyola, W., y Uzcátegui, R. (2009). *Empresas mineras y población: estrategias de comunicación y relacionamiento*. Lima: ESAN ediciones. Recuperado de <https://www.esan.edu.pe/publicaciones/2011/02/25/mineria-y-poblacion.pdf>

EcoInventos. (19 de junio de 2018). Con sólo una hora de pedaleo, Free electric puede generar 24 horas de energía para una casa en comunidades sin suministro eléctrico [Entrada de blog]. Recuperado de <https://ecoinventos.com/free-electric/>

EcoInventos. (30 de setiembre de 2017). El método más barato y eficaz para desinfectar el agua. [Entrada de blog]. Recuperado de <https://ecoinventos.com/desinfeccion-solar/>

“El agua cuesta entre 30 y 50 veces más en Pasco y Pucallpa”. (22 de octubre de 2014). *El Comercio*. Recuperado de <https://elcomercio.pe/economia/peru/agua-cuesta-30-50-veces-pasco-pucallpa-178980-noticia/>

“El Rotífero Lecane”. (2009). [Imagen digital]. Recuperado de <https://www.flickr.com/photos/microagua/3658017532/in/photostream>

“Elección del tamaño de biela”. (s.f.). [Imagen digital]. Recuperado 5 de junio de 2019 de <https://www.biolaster.com/ciclismo/posicion-ciclista-bicicleta/longitud-biela/eleccion-tamano-biela/>

- EPS Emapa Pasco S.A. (2008). *Plan Maestro Optimizado Emapa Pasco S.A.* Recuperado de https://www.sunass.gob.pe/websunass/index.php/eps/estudios-tarifarios/planes-maestros-optimizados-pmo/cat_view/419-regulacion-tarifaria/211-planes-maestros-optimizados/212-planes-maestros-optimizados/324-pasco-emapa-pasco-s-a
- Era Solar. (s.f.). Panel Solar 200 W 12V [Imagen digital]. Recuperado de <https://autosolar.pe/pdf/Panel-12V-200W.pdf>
- Eternit. (s.f.). Tanque doméstico Eternit. [Imagen digital]. Recuperado de <https://www.eternit.com.pe/es-ES/download/file/es/7e522761eeac434a9cfla815011866a1/ficha-tanque-domestico?rev=ca3e4344-37a8-472a-95d8-6f1d1cfd7b60>
- Fabregues Bicicletas. (s.f.). Guía de tallas [Imagen digital]. Recuperado de <https://www.fabreguesbicicletas.es/bicicletas/content/guia-de-tallas>
- Fernández, E. (3 de julio de 2017). “*Fernández: La contaminación del agua*” [Audio en podcast]. Recuperado de <https://www.udla.edu.ec/2017/07/03/fernandez-la-contaminacion-del-agua/>
- Galindo, G. (2018). *Determinación de la dosis óptima de sulfato de aluminio granulado tipo B en la Planta de Tratamiento de Agua Potable Yurajhuanca- EMAPA Vasco.* (Tesis de grado, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión). Recuperado de <http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/347/1/TESIS%20GIANCARLO%20GALINDO%20YANTAS1.pdf>
- Gasparri, E. (2015). *Elaboración del Plan de Sostenibilidad para el Proyecto.* Recuperado de https://www.marfund.org/wp-content/uploads/2016/05/011_Doc-PPT-011-Sostenibilidad.pdf
- Gassert, F., Maddocks, A. & Reig, P. (12 de diciembre de 2013). World’s Most Water-Stressed Countries [Entrada de blog]. Recuperado de <https://www.wri.org/blog/2013/12/world-s-36-most-water-stressed-countries>

“Generadores eléctricos”. (s.f.). [Imagen digital]. Recuperado 11 de junio de 2019 de https://www.endesaeduca.com/Endesa_educa/recursos-interactivos/conceptos-basicos/v.-funcionamiento-basico-de-generadores

Gil, J. & Lopez, G. & Medina, L. y Torres, S. (2015). *Sistema generador de energía autosustentable para la carga de dispositivos electrónicos, utilizando una bicicleta estática*. Recuperado de Universidad Tecnológica de Nogales: <http://www.utnogales.edu.mx/tic/cadesarrollosw/docentes/Sistema%20Generador%20de%20Energia%20Autosustentable.pdf>

Gobierno Regional de Pasco. (2019). *Se abren las compuertas de la laguna Acucocha para pruebas hidráulicas*. Recuperado de <http://www.regionpasco.gob.pe/wps/imagen-institucional/las-mas-leidas/se-abren-las-compuertas-de-la-laguna-acucocha-para-pruebas-hidraulicas>

Gobierno Regional de Pasco. (2016). *Gobierno Regional aclara situación del proyecto integral del agua para Pasco*. Recuperado de <http://www.regionpasco.gob.pe/wps/imagen-institucional/las-mas-leidas/gobierno-regional-aclara-situacion-del-proyecto-integral-del-agua-para-pasco>

Gobierno Regional de Pasco. (2015). *Cerro de Pasco por fin contará con agua potable*. Recuperado de <http://www.regionpasco.gob.pe/wps/notas-mas-leidas/cerro-de-pasco-por-fin-contara-con-agua-potable>

“Grados de Protección proporcionados por los envoltentes de los materiales eléctricos: código IP, UNE 20324 EN 60529 y código UK, UNE-EN 50102”. (s.f.). Recuperado de http://platea.pntic.mec.es/alabarta/CVE/Soporte/Materiales/ip_ik22.pdf

Hach (s.f.). 2100Q Turbidímetro portátil (EPA) [Imagen digital] Recuperado de <https://es.hach.com/2100q-turbidimetro-portatil-epa/product?id=24930077421>

HellermannTyton. (s.f.). Apéndice: Grados/ Índices de protección (IP) acorde a DIN EN IEC60529 [Imagen digital]. Recuperado de https://www.hellermanntyton.es/binaries/content/assets/downloads/es/catalogo-de-productos/ht_catalogo_de_productos_2017_2018_apendice_es.pdf

Hidrolit. (s.f.). Purificador de agua: Clorine off [Imagen digital]. Recuperado de <https://hidrolit.com.ar/producto/purificador-agua-hidrolit-clorine-classic/>

Hunter Water. (s.f.). *Water Treatment Processes*. Recuperado de <https://www.hunterwater.com.au/Water-and-Sewer/Water-Supply/Water-Treatment-Processes.aspx>

Instituto de Investigación Agua y Salud. (2018). *Guía de hidratación*. Recuperado de <http://institutoaguaysalud.es/guia-hidratacion-saludable/>

Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2019). *Desnutrición crónica afectó al 12.2% de la población menor de cinco años en el año 2018* (Nota de prensa N° 17). Recuperado de <https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/noticias/nota-de-prensa-n017-2019-inei.pdf>

Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2018a). *Perú: Formas de Acceso al Agua y Saneamiento Básico*. Recuperado de https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/boletin_agua_y_saneamiento.pdf

Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2018b). *Estadísticas Ambientales (Informe técnico N° 4)*. Recuperado de https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/informe-tecnico-n04_estadisticas-ambientales-mar2018.pdf

Instituto Nacional de Estadística e Informática. (s.f.). *Educación*. Recuperado https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/indices_tematicos/5.2.xlsx

ITAIPU Binacional. (2015). *Guía Metodológica*. Recuperado de <http://www.bioeconomia.mincyt.gob.ar/wp-content/uploads/2018/02/CAB-GUÍA-METODOLÓGICA-ver-6.pdf>

Jácome, J. & Suárez, A. & Ures, P. (2014). *Coagulación-Floculación Serie: Tratamientos primarios*. Recuperado

de <https://www.wateractionplan.com/documents/177327/558161/Coagulación-floculación.pdf/b59be3a9-558c-62c3-66e1-d89f82e3aae7>

Kumar, L. & Kumar, V. & Singh, A. (2015). A review of low cost alternative of water treatment in rural area. doi:10.13140/2.1.3970.1287

“La cloración del agua como método de potabilización”. (11 de marzo de 2014). Recuperado de <https://evohogar.com/blog/la-cloracion-del-agua-como-metodo-de-potabilizacion/>

“La incertidumbre política afecta la expansión del Perú”. (15 de marzo de 2018). Diario Oficial del Bicentenario *El Peruano*. Recuperado de <https://elperuano.pe/noticia-la-incertidumbre-politica-afecta-expansion-del-peru-64743.aspx>

“La pérdida de ozono: sustancias químicas responsables”. (s.f.). Recuperado de http://www7.nationalacademies.org/spanishbeyonddiscovery/ear_007545-05.html

LaMotte. (s.f.). Insta test 6 Plus [Imagen digital]. Recuperado <http://www.lamotte.com/en/pool-spa/insta-test/3028.html>

Lockwood, E. (6 de agosto de 2018). *Why water hold the key to sustainable development*. Recuperado de <https://impakter.com/water-holds-key-sustainable-development/>

Logicclan. (s.f.). La desinfección y esterilización con luz ultravioleta [Imagen digital]. Recuperado de <https://www.logicclean.es/la-desinfeccion-esterilizacion-luz-ultravioleta/>

Lugo, J. (2017). *Evaluación de alternativas de potabilización a bajo costo en comunidades palafíticas en el caribe norte colombiano*. (Tesis de grado, Universidad del Norte). Recuperado de <http://manglar.uninorte.edu.co/bitstream/handle/10584/7444/129814.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Macherey-Nagel. (s.f.). Viscolor ECO Iron 1. [Imagen digital]. Recuperado de <https://www.mn-net.com/tabid/11971/Default.aspx>

Márquez, L. (s.f.). *Desinfección Solar*. Recuperado de <http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsacg/e/fulltext/simposio/Ponen14.PDF>

Martínez, R. (17 de abril de 2018). *Pasco Region Residents in Peru Plead for Poisoned Kids*. Recuperado de <https://pulitzercenter.org/projects/pasco-region-residents-peru-plead-poisoned-kids>

Martínez, R. (4 de octubre de 2016). Trihalometano en el agua potable [Entrada de blog]. Recuperado de <https://www.bioecoactual.com/2016/10/04/trihalometano-en-el-agua-potable-por-raul-martinez/>

Méndez, J. & Solsona, F. (2002). *Desinfección de aguas*. Recuperado de http://usam.salud.gob.sv/archivos/pdf/agua/GUIA_DESINFECCION.pdf

Menéndez, J & Martín, I. (2006). Types of carbon adsorbents and their production. *Interface Science and Technology*, 7, 1-48 [Imagen digital]. Recuperado de <https://digital.csic.es/bitstream/10261/95477/1/Types%20of%20carbon%20adsorbents%20and%20their%20producton.pdf>

Mercantil Interamericana. (s.f.). *Filtro Carbón Activado*. Recuperado de http://www.merinsa.com/pdf/industriales/equipos/FiltroCarbonActivadoMerinsacSimple_PerformaLogix.pdf

Mercantil Interamericana. (s.f.). *Filtro Greensand Fusión*. Recuperado de http://www.merinsa.com/pdf/industriales/equipos/FiltroGreensandfusionMerinsacSimple_PerformaLogix.pdf

Mercantil Interamericana. (s.f.). *Filtro Multimedia*. Recuperado de http://www.merinsa.com/pdf/industriales/equipos/FiltroMultimediaMerinsacSimple_PerformaCv.pdf

Micons. (s.f.). Bici generador [Imagen digital]. Recuperado de <http://www.minicons.org/generador.html>

Ministerio de Agricultura y Riego. (s.f.). *La energía renovable se refiere a las fuentes de energía que se producen o llegan a nuestro planeta de forma continua y que en una*

escala de tiempo real son inagotables. Recuperado de <https://www.minagri.gob.pe/portal/45-sector-agrario/recurso-energetico/337-energia-renovable>

Ministerio de Educación. (2019a). Sistema de Consulta de Resultados de Evaluaciones: Resultados de ECE en el 2016 y 2018 a nivel nacional. [Imagen digital]. Recuperado de https://sistemas15.minedu.gob.pe:8888/evaluacion_censal_publico

Ministerio de Educación. (2019a). Sistema de Consulta de Resultados de Evaluaciones: Resultados de ECE en el 2016 y 2018 en Pasco. [Imagen digital]. Recuperado de https://sistemas15.minedu.gob.pe:8888/evaluacion_censal_publico

Ministerio de Educación. (2019a). Sistema de Consulta de Resultados de Evaluaciones: Resultados de ECE - Lectura en el 2016 y 2018 en el ámbito rural en Pasco. [Imagen digital]. Recuperado de https://sistemas15.minedu.gob.pe:8888/evaluacion_censal_publico

Ministerio de Educación. (2019a). Sistema de Consulta de Resultados de Evaluaciones: Resultados de ECE – Matemática en el 2016 y 2018 en ámbito rural en Pasco. [Imagen digital]. Recuperado de https://sistemas15.minedu.gob.pe:8888/evaluacion_censal_publico

Ministerio de Educación. (2019b). Indicadores: tendencias. Recuperado de <http://escale.minedu.gob.pe/tendencias>

Ministerio de Economía y Finanzas. (2019a). *MEF: Economía peruana crece 4.0% en 2018, una de las tasas más altas de la región.* Recuperado de <https://www.mef.gob.pe/es/noticias/notas-de-prensa-y-comunicados?id=5910>

Ministerio de Economía y Finanzas. (2019b). *Formato SNIP 03: Ficha de Registro – Banco de Proyectos.* Recuperado de <http://ofi4.mef.gob.pe/bp/ConsultarPIP/PIP.asp?codigo=74176&version=1>

Ministerio de Economía y Finanzas. (s.f.). Resolución Directoral N°033-2011-EF/68.01- Anexo modificado por RD N° 022-2013-EF/63.01 – Anexo SNIP 10: Parámetros de

evaluación. Recuperado de:
https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv_publica/docs/anexos/new_direc/v12/05.3_Anexo_SNIP_10_modificado_por_RD_006-2012.pdf

Ministerio de Energía y Minas. (20 de agosto de 2018). Artículo 51. [Título II]. *Decreto Supremo que modifica el Reglamento de Organización y Funciones del Ministerio de Energía y Minas*. [DS N° 021-2018-EM]. Recuperado de <http://www.minem.gob.pe/archivos/legislacion-zz5z178131z7z1-DS021-2018-EM.pdf>

Ministerio de Energía y Minas. (2016). Reglamento de seguridad y salud ocupacional en minería. [DS N°024-2016-MEM]. DO: [Diario Oficial del Bicentenario El Peruano]/ Recuperado de <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/per160277.pdf>

Ministerio de Energía y Minas. (2011). *Código Nacional de Electricidad*. Recuperado de <http://spij.minjus.gob.pe/Graficos/Peru/2011/Mayo/05/RM-214-2011-MEM-DM.pdf>

Ministerio de Salud. (2018). Aprueban el Documento técnico: “Lineamientos de política sectorial para la atención integral de las personas expuestas a metales pesados, metaloides y otras sustancias químicas”. [Resolución Ministerial N° 979-2018/MINSA]. Recuperado de https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/217486/Resoluci%C3%B3n_Ministerial_N_979-2018-MINSA.PDF

Ministerio de Salud. (23 de junio de 2017a). Decreto supremo que declara en emergencia sanitaria por el plazo de noventa (90) días calendario los distritos de Chaupimarca y Simón Bolívar de la provincia y departamento de Pasco. [DS N° 020-2017-SA]. DO: [Diario Oficial del Bicentenario El Peruano]/ Recuperado de https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/189817/189310_D.S._N_C2_B0_020-2017MINSA.pdf20180823-24725-9fsiii.pdf

Ministerio de Salud. (2017b). *Plan Nacional para la Reducción y Control de la Anemia Materno Infantil y la Desnutrición Crónica Infantil en el Perú: 2017-2021*. Recuperado de <http://bvs.minsa.gob.pe/local/MINSA/4189.pdf>

Ministerio de Salud. (24 de setiembre de 2010). Aprueban reglamento de la calidad del agua para consumo humano. [DS N° 031-2010-SA]. DO: [Diario Oficial del Bicentenario El Peruano]/ Recuperado de <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/273650/reglamento-de-la-calidad-del-agua-para-consumo-humano.pdf>

Ministerio de Salud. (s.f.). *Recomendaciones para el uso de agua seguro*. Recuperado de http://www.digesa.minsa.gob.pe/material_educativo/poblacion/agua_segura.asp

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2006). Reglamento Nacional de Edificaciones. [DS N°011-2006-VIVIENDA]. DO: [Diario Oficial del Bicentenario El Peruano]/ Recuperado de http://www3.vivienda.gob.pe/Direcciones/Documentos/RNE_Actualizado_Solo_Saneamiento.pdf

Ministerio del Ambiente. (2016). *La Ruta hacia el crecimiento verde (2011-2016): Hacia un modelo de crecimiento económico ambientalmente sostenible*. Recuperado de <http://www.minam.gob.pe/informessectoriales/wp-content/uploads/sites/112/2016/06/La-Ruta-hacia-el-Crecimiento-Verde.pdf>

“Ministro Cornejo anuncia servicio de agua potable de calidad para Cerro de Pasco”. (27 de noviembre de 2012). *Andina*. Recuperado de <https://andina.pe/agencia/noticia-ministro-cornejo-anuncia-servicio-agua-potable-calidad-para-cerro-pasco-437532.aspx>

Mongabay. (20 de diciembre de 2018). Balance ambiental de Perú en el 2018: áreas protegidas crecen, pero continúan bajo amenaza [Entrada de blog]. Recuperado de <https://rpp.pe/blog/mongabay/balance-ambiental-de-peru-en-el-2018-areas-protegidas-crecen-pero-continuan-bajo-amenaza-noticia-1170500>

Morales, H. (18 de abril de 2018). Tumbes: alarma por el consumo de agua contaminada con minerales pesados. *La República*. Recuperado de <https://larepublica.pe/sociedad/1229252-tumbes-alarma-por-el-consumo-de-agua-contaminada-con-minerales-pesados/>

Navarro, E. (2018). *Factores sociales que inciden en el rendimiento académico de niños contaminados por plomo en la sangre de la I.E. 31159 – Morococha*. (Tesis de grado, Universidad Nacional del Centro del Perú). Recuperado de <http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/4801/Navarro%20Prado.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

National Institute of Diabetes and Digestive and Kidney Diseases. (noviembre de 2016). *Síntomas y causas de la diarrea*. Recuperado de <https://www.niddk.nih.gov/health-information/informacion-de-la-salud/enfermedades-digestivas/diarrea/sintomas-causas>

“Niños y madres gestantes que consumen agua con arsénico reciben atención médica”. (21 de mayo de 2019). *RPP*. Recuperado de <https://rpp.pe/peru/lambayeque/ninos-y-madres-gestantes-que-consumen-agua-con-arsenico-reciben-atencion-medica-noticia-1198276>

Noboa, E. (2008). *Diseño de un filtro de carbón activado para la remoción de cloro libre residual del agua potable para uso en la industria farmacéutica*. (Tesis de grado, Universidad San Francisco de Quito). Recuperado de <http://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/3539>

OHorizons. (27 de enero de 2017). Sistema purificador de agua para el tercer mundo [Entrada de blog]. Recuperado de <https://blogs.funiber.org/medio-ambiente/2017/01/27/funiber-purificador-agua-tercer-mundo>

Oram, B. (s.f.). *Drinking Water Treatment with UV Irradiation*. Recuperado de <https://www.water-research.net/index.php/water-treatment/water-disinfection/uv-disinfection>

Orca Industrial. (s.f.). *Ultrafiltración*. Recuperado de <http://www.orcaindustrial.com/uploads/7/8/4/2/78420648/uf.pdf>

Organización de las Naciones Unidas. (s.f.). *Agua*. Recuperado de <https://www.un.org/es/sections/issues-depth/water/index.html>

Organización de las Naciones Unidas. (s.f.). *Objetivo 6: Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos*. Recuperado de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/water-and-sanitation/>

Organización Mundial de la Salud (14 de junio de 2019). *Agua*. Recuperado de <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>

Organización Mundial de la Salud. (2018a). *Guías para la calidad del agua de consumo humano: cuarta edición que incorpora la primera adenda*. Recuperado de <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/272403/9789243549958-spa.pdf?ua=1>

Organización Mundial de la Salud. (7 de febrero de 2018b). *E.coli*. Recuperado de <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/e-coli>

Organización Mundial de la Salud. (31 de marzo de 2017). *El Mercurio y la salud*. Recuperado de <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/mercury-and-health>

Organización Mundial de la Salud. (s.f.). *Diarrea*. Recuperado de <https://www.who.int/topics/diarrhoea/es/>

Organización Mundial de la Salud & Organización Panamericana de la Salud. (2009a). Tratamiento de emergencia de agua potable en el lugar de consumo. *Guías técnicas sobre saneamiento, agua y salud*, 5, 1-4. Recuperado de <http://www.disaster-info.net/Agua/pdf/5-AguaConsumo.pdf>

Organización Mundial de la Salud & Organización Panamericana de la Salud. (2009b). Cantidad mínima de agua necesaria para uso doméstico. *Guías técnicas sobre saneamiento, agua y salud*, 9, 1-4. Recuperado de <http://www.bvsde.paho.org/texcom/desastres/opsguia9.pdf>

Organización Panamericana de la Salud. (2007). *Guía para la vigilancia y el control de la calidad del agua en situaciones de emergencia y desastre*. Recuperado de <http://cidbimena.desastres.hn/docum/ops/libros/VigilanciaCalidadAgua.pdf>

Padilla, E. (2014). *Curso de formulación y evaluación de estudios de preinversión en el marco del sistema nacional de inversión pública*. Sector Salud. Recuperado de https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv_publica/docs/capacidades/cursos_2014/set/atenci_medic_17_09/Capacitacion-Modulo-3-Evaluaci.pdf

“Pasco espera solución por contaminación de agua que afecta a más de 90 mil pobladores”. (26 de julio de 2012). *La República*. Recuperado de <https://larepublica.pe/archivo/648164-pasco-espera-solucion-por-contaminacion-de-agua-que-afecta-a-mas-de-90-mil-pobladores/>

“Pasco: Minsa declara emergencia sanitaria en dos distritos por contaminación minera”. (23 de junio de 2017). *El Comercio*. Recuperado de <https://elcomercio.pe/peru/pasco/pasco-minsa-declara-emergencia-sanitaria-dos-distritos-contaminacion-plomo-436841>

Peña, M. & Sánchez, S. (2011). *Propuesta para el mejoramiento de la planta de tratamiento de agua potable del municipio de Bituima, cundinamarca*. (Tesis de grado, Universidad de la Salle). Recuperado de <http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/15022/T41.11%20S55p.pdf?sequence=2>

Pérez, L. (2005). *Teoría de la Sedimentación*. Recuperado de Instituto de Ingeniería Sanitaria y Ambiental: http://www.fi.uba.ar/archivos/institutos_teorias_sedimentacion.pdf

“Peru: Authorities neglect Indigenous Peoples exposed to contaminated water”. (13 de setiembre de 2017). Recuperado de <https://www.amnesty.org/en/latest/news/2017/09/peru-las-autoridades-desatienden-a-los-pueblos-indigenas-expuestos-a-agua-contaminada/>

“Pobladores de Mollepata consumen agua contaminada denuncia alcalde”. (18 de julio de 2018). *RPP*. Recuperado de <https://rpp.pe/peru/la-libertad/pobladores-de-mollepata-consumen-agua-contaminada-denuncia-alcalde-noticia-1137571>

- Ponce, E. (2005). *Diseño de un tren de potabilización para una planta generadora de agua embotellada*. (Tesis de grado, Universidad de las Américas Puebla). Recuperado de http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lic/ponce_o_e/
- Quantum Filtration Medium Pty Ltd. (s.f.). How DMI-65 Works. Recuperado de <http://dmi65.com/wp-content/uploads/2014/11/How-DMI-65-Works.pdf>
- Rayned Water Filtration systems. (s.f.). Multi media filters [Imagen digital]. Recuperado de <http://raynedwater.com/waterfiltrationsystem/multi-media-filters/>
- Reid, K. (1 de marzo de 2019). *Global water crisis: Facts, FAQs, and how to help*. Recuperado de <https://www.worldvision.org/clean-water-news-stories/global-water-crisis-facts>
- Ries, E. (2011). *The Lean Startup: How Constant Innovation creates radically successful businesses* (1a ed.). Nueva York: Crown Business
- Rossi, G. (2017). *Diseño de un purificador de agua para uso en la pequeña industria alimentaria de zonas rurales*. (Tesis de grado, Universidad Nacional de San Agustín). Recuperado de <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/5965/SErosagm.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Samarri, F. (5 de febrero de 2013). U.VA. Nonprofit organization, Puremadi develops innovative water purification tablet for developing world. *UVA Today*. Recuperado de <https://news.virginia.edu/content/uva-nonprofit-organization-puremadi-develops-innovative-water-purification-tablet-developing>
- Sanmartin, O. (28 setiembre de 2015). Así será la Institución Educativa en 2030. *El Mundo España*. Recuperado de <https://www.elmundo.es/espana/2014/10/21/54455b9f22601d22738b458e.html>
- Scholz,W. (s.f.). Tecnología de Bioreactores de membrana con osmosis inversa para efluentes mixtos de la Industria de Curtidos [Imagen digital]. Recuperado de <https://slideplayer.es/slide/1112529/>

“Según su Coordinador el Proyecto integral de agua potable para Pasco se culminará para el 21 de diciembre”. (9 de agosto de 2019). Diario Digital Chelelo y Borolas. Recuperado de <https://www.cheleloyborolas.com/index.php/sociales/46800-segun-su-coordinador-el-proyecto-integral-del-agua-potable-para-la-pasco-se-culminara-para-el-21-de-diciembre>

Seminario, L. (2017). Actualización de la tasa social de descuento. Recuperado de Ministerio de Economía y Finanzas: https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv_publica/docs/parametros_evaluacion_social/Tasa_Social_Descuento.pdf

Sendra, F. (s.f.). *Radiación Ultravioleta*. Recuperado de <https://studylib.es/doc/5791341/radiación-ultravioleta-f-sendra-portero-concepto-la>

Sierra, Y. (2 de febrero de 2018). *Perú: Madre de Dios, Huancavelica, Puno y Cusco están expuestas a la contaminación por mercurio*. Recuperado de <https://es.mongabay.com/2018/02/peru-mercurio-madre-de-dios-huancavelica-puno-cusco/>

“Sistema de poleas y correas”. (s.f.). [Imagen digital]. Recuperado 8 de junio de 2019 de <http://almez.pntic.mec.es/jgonza86/Sistemas%20de%20poleas%20y%20correas.htm>

Social Progress Imperative. (2018). *2018 Social Progress Index Executive Summary*. Recuperado de <https://www.socialprogress.org/assets/downloads/resources/2018/2018-Social-Progress-Index-Exec-Summary.pdf>

Society for General Microbiology. (10 de setiembre de 2009). Novel Bacterial Strains Clear Algal Toxins from Drinking Water. *Science Daily*. Recuperado de <https://www.sciencedaily.com/releases/2009/09/090907013806.htm>

Sorrentino, F. (7 de setiembre de 2017). *Sustentabilidad*. Recuperado <https://www.sonria.com/glossary/sustentabilidad/>

Spiller, P. (1 de junio de 2017). ¿Cómo le está yendo a Finlandia con el “phenomenon learning”, el nuevo modelo de enseñanza del “mejor sistema educativo del mundo?”. *BBC*. Recuperado de <https://www.bbc.com/mundo/noticias-internacional-40108708>

Sunfields Europe. (s.f.). *Mantenimiento de una Planta Fotovoltaica: Instalaciones solares fotovoltaicas-Guía para mantenimiento*. Recuperado de <https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/instalaciones-fotovoltaicas-tipos-de-mantenimiento/>

Superintendencia de Banca, Seguros y AFP. (2019). Tasas de interés promedio del sistema bancario. Recuperado de <http://www.sbs.gob.pe/app/pp/EstadisticasSAEEPPortal/Paginas/TIActivaTipoCreditoEmpresa.aspx?tip=B>

Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento. (2019a). *SUNASS supervisó el control de procesos de tratamiento del agua de Emapa Pasco*. Recuperado de <https://www.iagua.es/noticias/sunass/sunass-superviso-control-procesos-tratamiento-agua-emapa-pasco>

Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento. (2019b). *Informe N° 017- 2019- SUNASS-DU*. Recuperado de https://www.sunass.gob.pe/audiencias2019/emapa_pasco_info17_2019.pdf

Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento.(2013). *Estudio Tarifario: determinación de la fórmula tarifaria, estructura tarifaria y metas de gestión aplicable a la empresa municipal de agua y alcantarillado de Pasco sociedad anónima Emapa Pasco SA*. Recuperado de https://www.sunass.gob.pe/websunass/index.php/eps/estudios-tarifarios/doc_download/2456-empresa-municipal-de-agua-y-alcantarillado-de-pasco-sociedad-anonima-emapa-pasco-s-a

Tecnología e Informática. (s.f.) Actividad 8: Engranajes [Imagen digital]. Recuperado de <http://tecnoinfofjc.weebly.com/actividad-8-engranajes.html>

The National Environmental Services Center. (s.f.). Filtración. *Tecnología en breve*. Recuperado

de http://www.nesc.wvu.edu/pdf/dw/publications/ontap/2009_tb/spanish/filtration_DWPSOM139.pdf

The National Environmental Services Center. (s.f.). Retiro del Hierro y Manganese. *Tecnología en breve*. Recuperado de http://www.nesc.wvu.edu/pdf/dw/publications/ontap/2010_tb/spanish/iron_manganese_DWFSOM148.pdf

The World Bank. (28 de agosto de 2017). *Millions Around the World Held Back by Poor Sanitation and Lack of Access to Clean Water*. Recuperado de <https://www.worldbank.org/en/news/press-release/2017/08/28/millions-around-the-world-held-back-by-poor-sanitation-and-lack-of-access-to-clean-water>

Toapanta, M. (s.f.). *Calidad del agua: Grasas y aceites*. Recuperado de <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6161/8/GRASASYACEITES.pdf>

Top cables. (s.f.). Exposición al agua de los cables eléctricos [Imagen digital]. Recuperado de <https://www.topcable.com/blog-electric-cable/exposicion-al-agua-de-los-cables-electricos/>

Torres, C. & Villanueva, S. (2014). *El filtro de arena lento: manual para el armado, instalación y monitoreo*. Recuperado de Universidad Piloto de Colombia, Programa de Ingeniería Civil: <http://www.unipiloto.edu.co/wp-content/uploads/2013/11/El-filtro-de-arena-Lento-a-color-para-la-web.pdf>

Tricalcar. (2007). *Unidad 19: Guía básica de estrategias de sostenibilidad para redes inalámbricas comunitarias*. Recuperado de http://www.itrainonline.org/itrainonline/mmtk/wireless_es/files/19_es_estrategias-de-sostenibilidad_guia_v02.pdf

UNESCO Institute for Statistics. (2016). 50mo Aniversario del día internacional de la alfabetización: las tasas de alfabetización están en aumento pero millones de personas siguen siendo analfabetas. [Imagen digital]. Recuperado de <http://uis.unesco.org/sites/default/files/documents/fs38-50th-anniversary-of->

[international-literacy-day-literacy-rates-are-on-the-rise-but-millions-remain-illiterate-2016-sp.pdf](#)

United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. (2018). *The United Nations World Water Development Report 2018: Nature-Based Solutions for Water*. Recuperado de <https://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/261424e.pdf>

“Unos 30 mil pobladores consumen agua contaminada en Paucarpata”. (27 de marzo de 2018). *RPP*. Recuperado de <https://rpp.pe/peru/arequipa/unos-30-mil-pobladores-consumen-agua-contaminada-en-paucarpata-noticia-1113077>

Valencia, C. (s.f.). *Monografía previa a la obtención del título de ingeniero civil*. Recuperado de Universidad de Cuenca de <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/754/1/ti881.pdf>

Water.org. (s.f.). *The water crisis*. Recuperado de <https://water.org/our-impact/water-crisis/>

World Health Organization. (14 de junio de 2019). *Drinking water*. Recuperado de <https://www.who.int/en/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>

Anexos

Tabla 116: Matriz de Consistencia

Problema General	Objetivo General	Hipótesis General/ Planteamiento de la propuesta	Variables de estudio
La calidad del agua potable en la Institución Educativa N° 34030 Raúl Porras Barrenechea influye en la salud de los alumnos y profesores.	Mejorar la calidad del agua potable en la Institución Educativa N°34030 Raúl Porras Barrenechea mediante un sistema de purificación de agua que preserve la salud de los alumnos.	El sistema de purificación de agua propuesto para la mejora de la calidad del agua potable en la Institución Educativa N° 34030 Raúl Porras Barrenechea preservará la salud de los alumnos y profesores.	Sistema de purificación de agua
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicas	Variables de estudio
<ul style="list-style-type: none"> La calidad del agua potable disponible en la Institución Educativa N°34030 Raúl Porras Barrenechea excede los límites máximos permisibles de los siguientes parámetros del DS N° 031-2010-SA: organismos de 	<ul style="list-style-type: none"> Sugerir un sistema de purificación de agua para la Institución Educativa N°34030 Raúl Porras Barrenechea que permita que los parámetros de calidad del agua observados se 	<ul style="list-style-type: none"> La propuesta de mejora permitirá sugerir un sistema de purificación de agua para la Institución Educativa N°34030 Raúl Porras Barrenechea que permita que los parámetros de la calidad del agua observados se 	<p>Calidad del agua</p> <p>Parámetros observados</p>

<p>vida libre, turbiedad, hierro, coliformes totales, coliformes fecales y cloro residual.</p> <ul style="list-style-type: none"> • El consumo de agua contaminada puede transmitir diversas enfermedades a los alumnos y profesores. • El rendimiento académico de los alumnos puede ser afectado por el consumo de agua contaminada. • El abastecimiento de agua potable disponible en la Institución Educativa N°34030 Raúl Porras Barrenechea no garantiza su sostenibilidad. 	<p>encuentren dentro de los límites permisibles del DS N°031-2010-SA.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Identificar la frecuencia y síntomas de enfermedades que presentan los alumnos y profesores en la Institución Educativa N°34030 Raúl Porras Barrenechea • Identificar el porcentaje de alumnos desaprobados en la Institución Educativa N°34030 Raúl Porras Barrenechea del 2016 al 2018 • Identificar los mecanismos necesarios para asegurar la sostenibilidad del sistema de purificación de agua para la Institución Educativa N°34030 Raúl Porras Barrenechea 	<p>encuentren dentro de los límites permisibles del DS N° 031-2010-SA.</p> <ul style="list-style-type: none"> • La propuesta de mejora permitirá identificar la frecuencia y síntomas de enfermedades que presentan los alumnos y profesores en la Institución Educativa N°34030 Raúl Porras Barrenechea. • La propuesta de mejora permitirá identificar el porcentaje de alumnos desaprobados en la Institución Educativa N°34030 Raúl Porras Barrenechea del 2016 al 2018. • La propuesta de mejora permitirá identificar los mecanismos necesarios para asegurar la sostenibilidad del sistema de purificación de agua para la Institución Educativa N°34030 Raúl Porras Barrenechea. 	
--	--	---	--

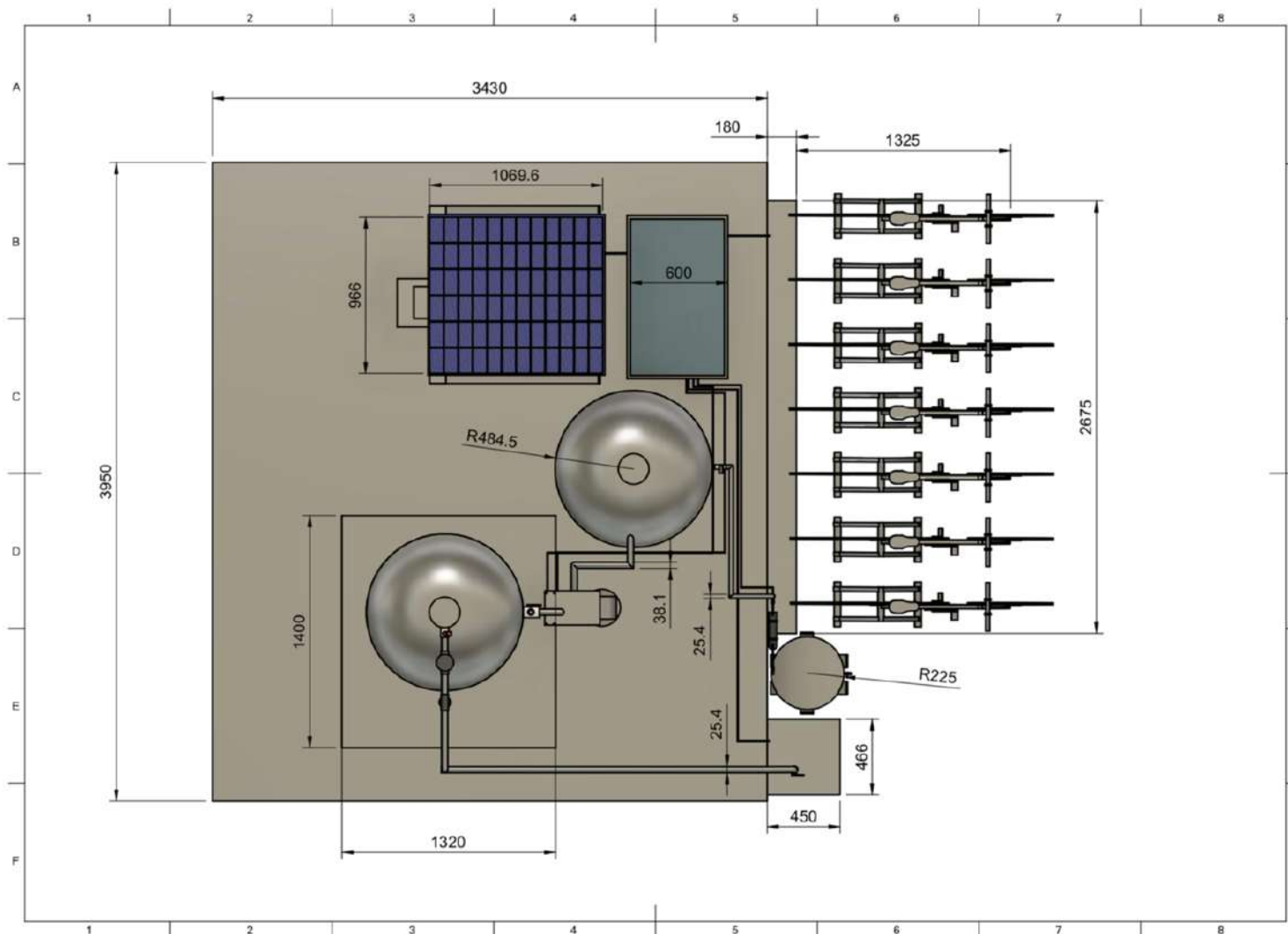


Figura 148: Medidas del sistema de purificación de agua – I en mm. (Elaboración propia)

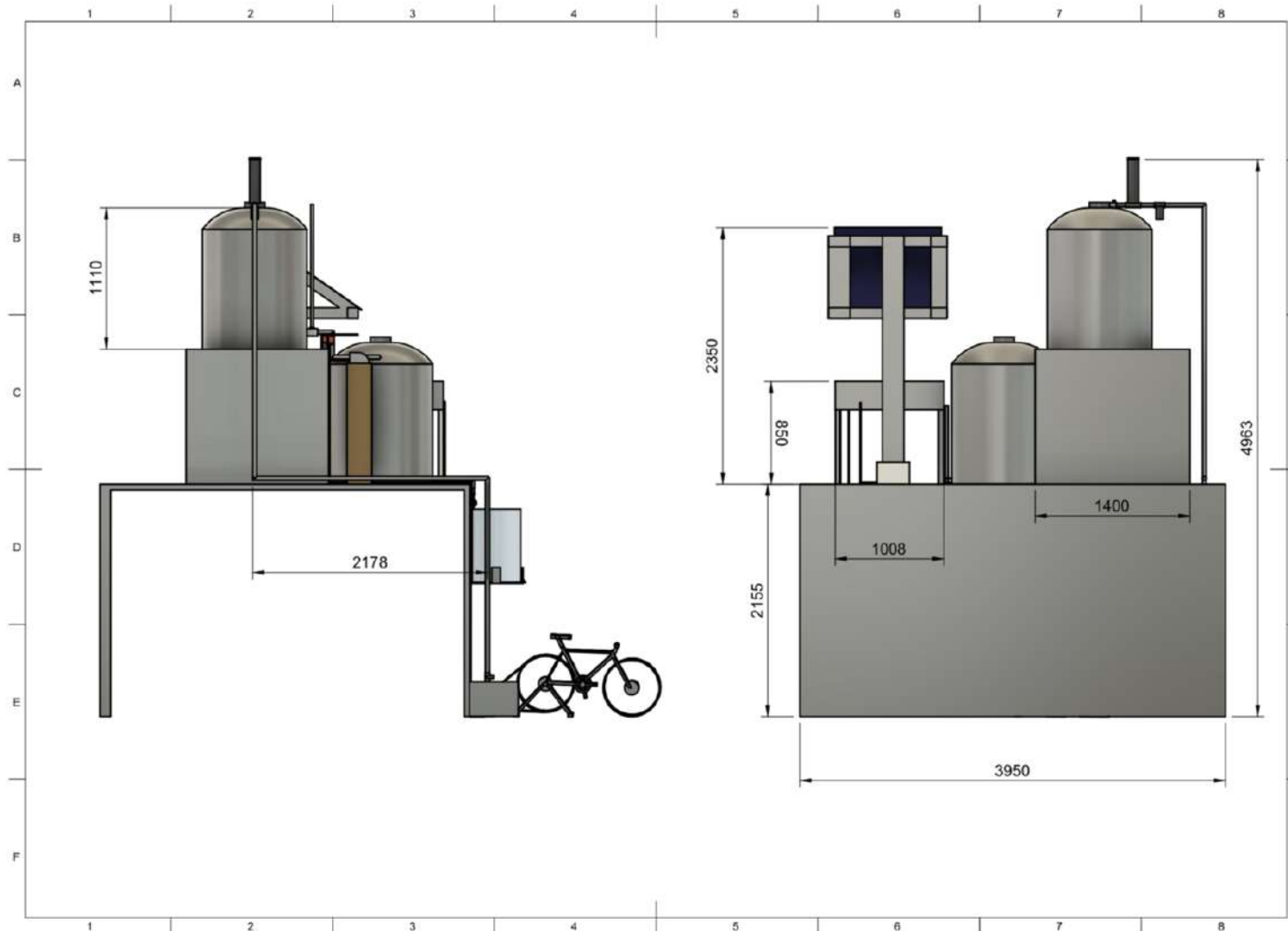


Figura 149: Medidas del sistema de purificación de agua – II en mm. (Elaboración propia)

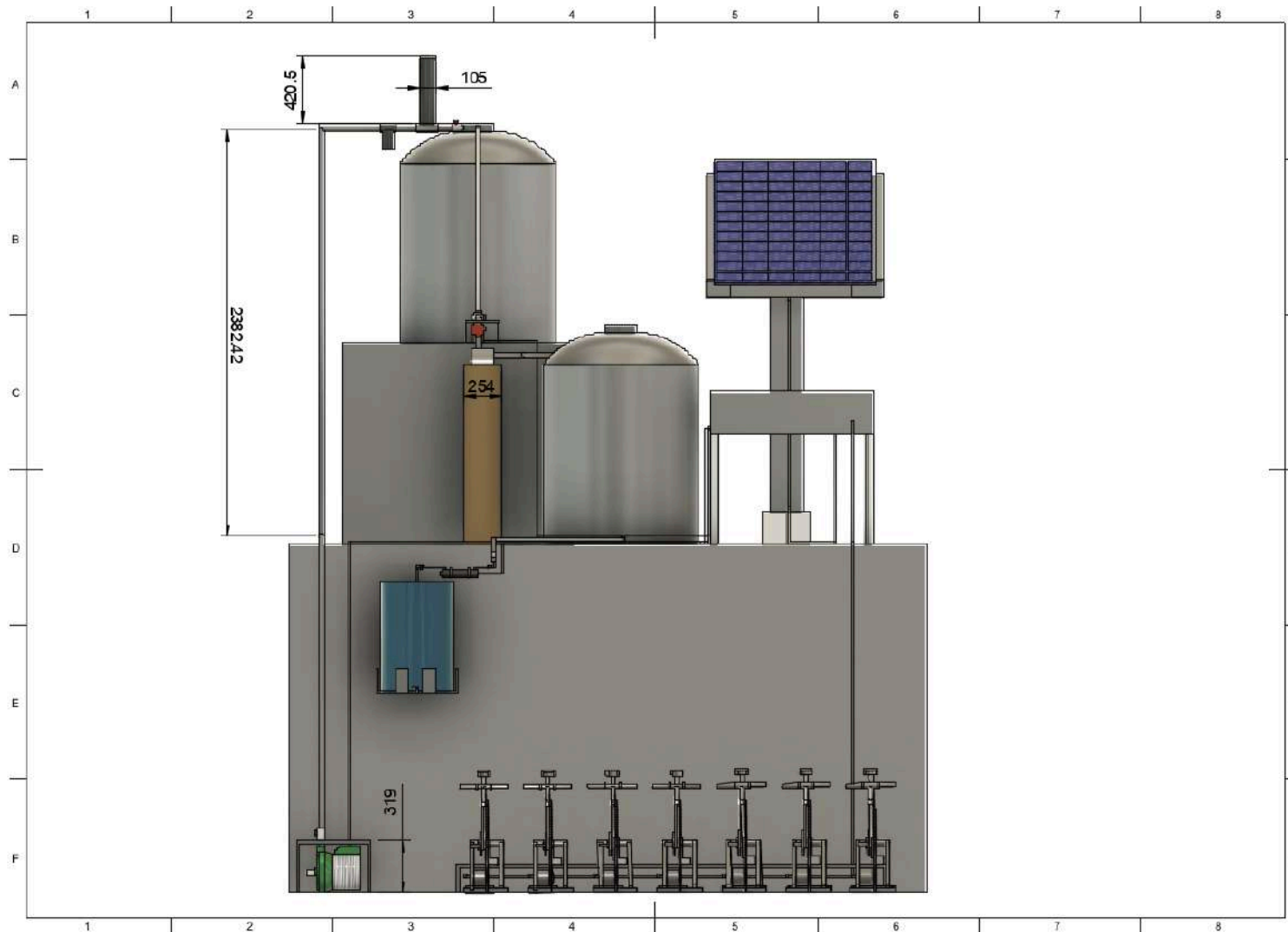


Figura 150: Medidas del sistema de purificación de agua – III en mm. (Elaboración propia)

Tabla 117: Frecuencia de mantenimiento del sistema

Item	Equipo	Actividad	Diario	Semanal	Mensual	Trimestral	Semestral	Anual
1	Válvula	Inspección de válvula				x		
		Lubricación						x
2	Filtro polietileno	Retrolavado del filtro	x					
		Inspección de medio filtrante					x	
3	Filtro 5 micras	Cambio de filtro			x			
4	Bomba elevadora	Inspección de bomba					x	
5	Bomba presurizadora	Inspección de bomba					x	
6	Panel solar	Retirar polvo o suciedad		x				
		Revisar celdas del panel			x			x
		Revisar estructura					x	
7	Generador eléctrico	Limpiar cobertura			x			
8	Pastilla de cloro	Cambio de pastilla						x

Encuesta: Abastecimiento de agua

Fecha:

¿Utiliza usted o su hijo/a el agua de los caños de la escuela?

a. SI
b. NO

¿Consideras que se puede beber del agua de los caños de la escuela?

a. SI
b. NO

¿Usted o su hijo/a ha bebido agua de los caños de la escuela alguna vez?

a. SI
b. NO

¿Considera necesario contar con un sistema de tratamiento de agua?

a. SI
b. NO

Figura 151: Ficha de encuesta sobre abastecimiento de agua. (Elaboración propia)

Encuesta: Consumo de agua en los hogares

Fecha:

¿Cuántas horas seguidas consume de agua al día?

- a. Menos de 2 horas
- b. 2 horas a 3 horas
- c. 3 horas a 4 horas
- d. Más de 4 horas

¿En qué momento consume más agua?

- a. Mañana
- b. Tarde
- c. Noche

¿Usted utiliza el agua de la red pública para su higiene, consumo y/o preparación de alimentos?

- a. SI
- b. NO

¿ Considera necesario contar con un sistema de tratamiento de agua para la localidad?

- a. SI
- b. NO

Figura 152: Ficha de encuesta sobre el consumo de agua. (Elaboración propia)

Encuesta: Ausentismo escolar

Fecha:

¿Su hijo/a ha sufrido de diarrea en el presente año?

- a. SI
- b. NO

¿Cuánto gasta en medicina para su recuperación?

- a. Menos de 5 soles
- b. Entre 5 y 8 soles
- c. Entre 8 y 10 soles
- d. Entre 10 y 15 soles
- e. Más de 15 soles

¿Su hijo falta a clases cuando sufre de diarrea?

- a. SI
- b. NO

En caso la pregunta anterior sea verdadera, ¿cuántos días falta a clase?

- a. 1 día
- b. 2 días
- c. 3 días
- d. Más de 3 días

Figura 153: Ficha de encuesta sobre el ausentismo escolar. (Elaboración propia)

Encuesta: Síntomas de enfermedades

- 1 ¿Cuántas veces ha sentido dolores abdominales?
a) Diario c) Mensual e) Trimestral g) Anual
b) Semanal d) Bimensual f) Semestral h) Nunca
- 2 ¿Cuántas veces ha sentido cansancio?
a) Diario c) Mensual e) Trimestral g) Anual
b) Semanal d) Bimensual f) Semestral h) Nunca
- 3 ¿Cuántas veces ha sentido fiebre?
a) Diario c) Mensual e) Trimestral g) Anual
b) Semanal d) Bimensual f) Semestral h) Nunca
- 4 ¿Cuántas veces ha sentido deposiciones flojas y acuosas?
a) Diario c) Mensual e) Trimestral g) Anual
b) Semanal d) Bimensual f) Semestral h) Nunca
- 5 ¿Cuántas veces ha sentido dolor de cabeza?
a) Diario c) Mensual e) Trimestral g) Anual
b) Semanal d) Bimensual f) Semestral h) Nunca
- 6 ¿Cuántas veces ha sentido escalofríos?
a) Diario c) Mensual e) Trimestral g) Anual
b) Semanal d) Bimensual f) Semestral h) Nunca
- 7 ¿Cuántas veces ha sentido náuseas?
a) Diario c) Mensual e) Trimestral g) Anual
b) Semanal d) Bimensual f) Semestral h) Nunca
- 8 ¿Cuántas veces ha sufrido de vómito?
a) Diario c) Mensual e) Trimestral g) Anual
b) Semanal d) Bimensual f) Semestral h) Nunca
- 9 ¿Cuántas veces ha sufrido de infecciones urinarias?
a) Diario c) Mensual e) Trimestral g) Anual
b) Semanal d) Bimensual f) Semestral h) Nunca
- 10 ¿Cuántas veces ha sufrido de mareo y vértigo?
a) Diario c) Mensual e) Trimestral g) Anual
b) Semanal d) Bimensual f) Semestral h) Nunca
- 11 ¿Cuántas veces ha sufrido de desmayos?
a) Diario c) Mensual e) Trimestral g) Anual
b) Semanal d) Bimensual f) Semestral h) Nunca

Figura 154: Ficha de encuesta sobre síntomas de enfermedades. (Elaboración propia)

Guía de Entrevista para el Experto - Tratamiento de agua	
Fecha:	
Objetivo:	El objetivo es identificar las técnicas, metodologías y opiniones relacionadas al tratamiento de agua
Datos del Experto	
Nombre del Entrevistado:	
Formación Académica:	
Temática	
Técnicas de tratamiento de agua actuales	
Procedimiento de implementación de sistemas de purificación de agua	
Riesgos relacionados al desarrollo del sistema piloto	
Conceptos relacionados al tratamiento de agua	
Validación del sistema piloto y del sistema de purificación de agua	
Impacto ambiental y social del sistema de purificación de agua	
Tecnologías amigables con el medio ambiente para el funcionamiento del sistema de purificación de agua	
Observaciones	

Figura 155: Formato de guía de entrevista para el experto de tratamiento de agua. (Elaboración propia)

Guía de Entrevista para el Experto - Proyectos Sociales	
Fecha:	
Objetivo:	El objetivo es identificar el procedimiento para el desarrollo sostenible de un proyecto social
Datos del Experto	
Nombre del Entrevistado:	
Formación Académica:	
Temática	
Métodos de difusión de resultados	
Características de proyectos sociales	
Implicancias a considerar para el desarrollo del proyecto	
Conceptos relacionados a la sostenibilidad de proyectos sociales	
Impacto económico y social del proyecto	
Observaciones	

Figura 156: Formato de guía de entrevista para el experto de proyectos sociales. (Elaboración propia).

Guía de Entrevista para el Presidente de la comunidad campesina de Yurajhuanca	
Fecha:	
Objetivo:	El objetivo es identificar las características de la situación actual de la Comunidad Campesina de Yurajhuanca
Datos del Experto	
Nombre del Entrevistado:	
Formación Académica:	
Temática	
Fuentes de abastecimiento de agua de la comunidad	
Estado de salud de la comunidad	
Estudios de contaminación de agua	
Apreciación de la calidad del agua de la red pública	
Características de la comunidad campesina de Yurajhuanca	
Observaciones	

Figura 157: Formato de guía de entrevista para el presidente de la comunidad campesina de Yurajhuanca. (Elaboración propia)

Guía de Entrevista para la Directora de la Escuela	
Fecha:	
Objetivo:	El objetivo es identificar las características de la situación actual de la escuela IE N°34030 Raúl Porras Barrenechea
Datos del Experto	
Nombre del Entrevistado:	
Formación Académica:	
Temática	
Enfermedades más recurrentes en los alumnos	
Fuentes de abastecimiento de agua utilizadas en la escuela	
Hábitos de higiene de los alumnos y profesores	
Actividades recreativas durante el recreo	
Ausencia escolar	
Características de la escuela IE N°34030 Raúl Porras Barrenechea	
Observaciones	

Figura 158: Formato de guía de entrevista para la directora de la Institución Educativa N°34030 Raúl Porras Barrenechea. (Elaboración propia)



Figura 159: Alumnos jugando en el recreo. (Elaboración propia)



Figura 160: Aula de clase de la IE N° 34030. (Elaboración propia)



Figura 161: Alumnos jugando en el patio de la IE. (Elaboración propia)



Figura 162: Alumnos jugando con trompos en la hora del recreo. (Elaboración propia)

Tabla 118: Registro de interesados del proyecto en la IE N°3430 Raúl Porras Barrenechea

REGISTRO DE INTERESADOS														
Información de identificación				Información de evaluación								Clasificación de los interesados		Estrategia
Nº	Nombre Interesado	Puesto	Rol en el proyecto	Expectativas principales	Grado de influencia	Grado de interés	Compromiso							
							desconoce	se resiste	neutral	apoya	Lider	Interno / Externo	Partidario / Neutral / Reticente	
1	Felinda Usuriaga	Directora de la IE N° 34030	Encargada de brindar las facilidades para implementación del proyecto	- Mejorar la calidad de agua de la IE - Reducir el número de alumnos enfermos	Alto	Alto				A- D		Externo	Partidario	-Mantener informado - Trabajar de manera cercana
2	Compañía Minera	Responsabilidad Social	Sponsor	- Mejorar la calida de agua de la IE - Mejorar la relación con la comunidad	Medio	Medio			A		D	Externo	Neutral	-Mantener informado - Dejar liderar la reunión - Hacer lo que pida rápido
3	Equipo de implementación del proyecto	Analistas del proyecto	Encargados de implementar el proyecto según acuerdos	- El proyecto debe ser implementado en el plazo definido y con los alcances planteados	A	B					A-D	Interno	Partidario	-Mantener informado - Dejar liderar la reunión - Hacer lo que pida rápido

4	Padres de familia	-	Monitorear la salud de sus hijos	- Los alumnos utilizan el agua sin preocupación a enfermarse	Alto	Alto				A-D		Externo	Partidario	-Mantener informado - Trabajar de manera cercana
5	Profesores de la IE	Profesores	Usuario del sistema de purificación de agua	- Utilizar el agua sin preocupación a enfermarse	Alto	Alto				A-D		Externo	Partidario	-Mantener informado - Trabajar de manera cercana
6	Alumnos de la IE	Alumnos	Usuario del sistema de purificación de agua	- Utilizar el agua sin preocupación a enfermarse	Medio	Medio			A	D		Externo	Neutral	- Mantener informado de la calidad del agua
7	CC Yurajhuanca	-	Colaborar con la difusión del proyecto	- Recibir información útil sobre el avance del proyecto	Medio	Medio			A	D		Externo	Neutral	- Mantener informado de la calidad del agua
8	Deyvis Zarate	Presidente de la CC Yurajhuanca	Colaborar con la difusión del proyecto	- Recibir información útil sobre el avance del proyecto	Medio	Medio			A	D		Externo	Neutral	- Mantener informado de la calidad del agua
9	Municipalidad de Simón Bolívar	Fiscalizador	Colaborar con la difusión del proyecto. Además, monitorear la calidad de agua	- Recibir información útil sobre el avance del proyecto	Medio	Medio			A	D		Externo	Neutral	- Mantener informado de la calidad del agua

10	Ministerio de Educación	Fiscalizador	Monitorear el rendimiento académico de los alumnos	- La calidad del agua debe ser acorde con el DS N° 031-2010- SA	Medio	Medio			A	D		Externo	Neutral	- Mantener informado de la calidad del agua
11	Ministerio de Salud	Fiscalizador	Monitorear la salud de los alumnos y profesores	- La calidad del agua debe ser acorde con el DS N° 031-2010- SA	Medio	Medio			A	D		Externo	Neutral	- Mantener informado de la calidad del agua
12	Ministerio del Ambiente	Fiscalizador	Monitorear la calidad del agua	- La calidad del agua debe ser acorde con el DS N° 031-2010- SA	Medio	Medio			A	D		Externo	Neutral	- Mantener informado de la calidad del agua